ORGANIZADORA

Priscila Natasha Kinas

INNOVATE:

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2

Atena Editora

Ano 2023



ORGANIZADORA

Priscila Natasha Kinas

INNOVATE:

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2

Atena Editora

Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Innovate: engenharia sanitária e ambiental 2

Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Priscila Natasha Kinas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I58 Innovate: engenharia sanitária e ambiental 2 / Organizadora Priscila Natasha Kinas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1560-2
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.602230208

1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Kinas, Priscila Natasha (Organizadora). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

A gestão e aplicação de tecnologias voltadas ao saneamento é fundamental para garantir a saúde pública e a qualidade de vida das pessoas. O acesso a serviços de saneamento adequados, como abastecimento de água potável, tratamento de águas residuais e descarte adequado de resíduos sólidos, é essencial para prevenir doenças e proteger o meio ambiente. A utilização das tecnologias de tratamento aplicadas a gestão do saneamento básico buscam minimizar os impacos aos recursos hídricos que são vitais para a sobrevivência dos ecossistemas e para o bem-estar humano. No entanto, a má gestão dos recursos hídricos e a falta de saneamento básico podem originar problemas como a contaminação das águas, a escassez de água potável, a degradação ambiental, a propagação de doenças e a deterioração da qualidade de vida afetando diretamente a qualidade de rios, lagos e aquíferos que fornecem água potável, alimentos e recursos naturais essenciais para a economia local e global.

A interconexão dessas questões visam trabalhar soluções integradas que contemplem tanto o saneamento básico quanto a gestão sustentável dos recursos hídricos. Isso implica a implementação de políticas, estratégias e tecnoligas que promovam o acesso a serviços de saneamento adequados, a proteção dos recursos hídricos e a colaboração entre diferentes setores para enfrentar efetivamente esses desafios. Deste modo a este e-book apresenta uma coletânea de artigos práticos científicos com uma visão ampla e atualizada sobre os principais temas relacionados ao saneamento, abordando desde os conceitos básicos até questões mais complexas e desafiadoras. Todos os temas são abordados com rigor científico e um olhar crítico sobre as políticas públicas de saneamento e meio ambiente em nosso país. Está obra e indispensável para acadêmicos, profissionais e gestores públicos que desejam se aprofundar nos conhecimentos sobre a área e contribuir para o aprimoramento das políticas públicas de saneamento, recursos hídricos e meio ambiente em nosso país.

Priscila Natasha Kinas

SUMÁRIO

AVALIAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA COMO ADSORVENTE DE CONTAMINANTES

Data de submissão: 09/05/2023 *Data de aceite: 03/07/2023*

Lara Alves Gullo do Carmo
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/7834385871356318

Luiza Beatriz Gamboa Araújo Morselli
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/2217724221930510

Caroline Menezes Pinheiro
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/5984557031030431

Julia Kaiane Prates da Silva
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/8043172936883765

Jessica Torres dos Santos
Universidade de Lisboa
Lisboa - Portugal
http://lattes.cnpq.br/8535897129145784

Josiane Pinheiro Farias
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/9548569790288183

Luisa Angelo dos Anjos
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/4577027175697472

Julia Mendes
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/1280242396515862

Mariela Vieira Peixoto da Silva
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/7341626184906896

Luísa Andina
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias
Pelotas - Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/9587506623893946

Robson Andreazza
Universidade Federal de Pelotas, Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Pelotas- Rio Grande do Sul
http://lattes.cnpq.br/5706766977817721

RESUMO: O Brasil tem enfrentado um desafio cada vez maior para garantir o acesso à água potável para a população. Com a exigência de fornecimento de água potável de qualidade é necessário a utilização de coagulantes ricos em alumínio que geram grande quantidade de subprodutos denominados de lodo de estação de tratamento de água (LETA). Este resíduo tem alta capacidade de adsorção de compostos químicos catiônicos e pode ser utilizado como adsorvente no tratamento de efluentes. Além disso, o lodo pode ser reciclado no solo aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas ou para recuperação de áreas degradadas. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial de adsorção do corante catiônico, Azul de Metileno Hidratado (AM) através do contato com o LETA. Os ensaios foram realizados em aparelho Jar Test onde empregou-se 1L de AM com concentração de 20 mgL^{-1} e 1g L^{-1} de LETA em pó sob agitação de 120 rpm à 25ºC com diferentes tempos de contato (5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 e 150 minutos). A maior remoção de AM da concentração inicial obtida foi de 85% ao final dos 150 minutos de contato com o adsorvente. Os resultados confirmam o potencial do lodo de ETA como material adsorvente para a remoção de contaminantes. Essa abordagem pode ser uma alternativa viável para a recuperação ambiental, ao mesmo tempo em que contribui para a gestão sustentável dos resíduos gerados pelas ETAs.
PALAVRAS-CHAVE: Lodo de ETA, Adsorção, Água potável, Tratamento de efluentes, Gestão sustentável de resíduos.

EVALUATION OF SLUDGE FROM WATER TREATMENT PLANT AS CONTAMINANT ADSORBENT

ABSTRACT: Brazil has been facing an increasing challenge to ensure access to potable water for the population. With the requirement for quality potable water supply, the use of aluminum-rich coagulants that generate a large amount of byproducts called water treatment plant sludge (WTPS) is necessary. This residue has a high capacity for adsorption of cationic chemical compounds and can be used as an adsorbent in effluent treatment. In addition, the sludge can be recycled into the soil, increasing the availability of nutrients for plants or for the recovery of degraded areas. In this sense, the present study aimed to evaluate the potential of cationic dye, Methylene Blue Hydrate (MB), adsorption through contact with WTPS. Tests were carried out in a Jar Test apparatus where 1L of MB with a concentration of 20 mg/L and 1g/L of WTPS powder were used under agitation of 120 rpm at 25ºC with different contact times (5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, and 150 minutes). The highest removal of MB from the initial concentration obtained was 85% at the end of 150 minutes of contact with the adsorbent. The results confirm the potential of WTPS as an adsorbent material for the removal of contaminants. This approach can be a viable alternative for environmental recovery while contributing to the sustainable management of the waste generated by WTPs.
KEYWORDS: Sludge of ETA, Adsorption, Potable water, Effluent treatment, Sustainable waste management.

1 I INTRODUÇÃO

O lodo de estação de tratamento de água (LETA), é um resíduo sólido de Classe IIA (ABNT, 2004), proveniente do tratamento de potabilização da água. Em geral, as estações de tratamento de água (ETAs) não possuem destinação final adequada para o LETA e devido ao baixo custo costumam descartá-lo em corpos hídricos (RICHTER, 2001), inclusive os do próprio local de captação de água bruta.

Esta prática pode acarretar em assoreamento, turbidez, toxicidade e eutrofização da água. A maior dificuldade para reciclagem do lodo se dá por características como elevada umidade, quantidade de sólidos, concentração de metais pesados e pelo alto custo financeiro no seu transporte e tratamento (RICHTER, 2001).

Uma das vantagens sobre o LETA é que o mesmo pode ser utilizado como adsorvente de baixo custo para remoção de fósforo de águas residuais. KRISHINA, ARYAL e JANSEN (2016) analisaram as capacidades de adsorção de fósforo de quatro tipos de lodos de estação de tratamento de água com bases de ferro e alumínio como coaguladores e floculadores, comprovando a eficácia do lodo de ETA na remoção de fósforo de águas residuais.

O LETA contendo alumínio, por sua vez, consiste em um subproduto amplamente gerado, resultante do processo de purificação de águas superficiais para fins potáveis (HUSSEIN et al., 2021). Trata-se de um material altamente reativo e com capacidade para remover fósforo dos efluentes através da adsorção (RITTER, 2020).

O fósforo é um fator limitante para o desenvolvimento de plantas, visto que no solo há pouca disponibilidade desse nutriente. Assim sendo, o LETA, considerado um resíduo, apresenta potencial de reciclagem no ambiente devido seu baixo custo de implementação no solo e grande disponibilidade de fósforo (LUCON et al., 2017).

O processo de adsorção tem sido considerado um dos mais eficientes no que diz respeito ao tratamento de água e águas residuárias e possui um grande potencial para reduzir os níveis de compostos tóxicos de efluentes industriais ao meio ambiente (MOREIRA, 2008).

Um adsorvente é classificado como um material sólido com a capacidade de adsorver substâncias ou moléculas de meios líquidos ou gasosos (MEURER, 2007, p.111). São amplamente utilizados em processos de purificação, separação ou extração. As características presentes no LETA o fazem um promissor adsorvente, onde sua estrutura é adequada para reter o adsorvato, auxiliando para que o tempo de alcance de equilíbrio de adsorção seja curto.

Partindo de suas caracterizações, pela presença de matéria orgânica e argilominerais (MORSELLI, 2022), foi avaliada a reciclagem do LETA proveniente da ETA Santa Bárbara do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas/RS (SANEP) como adsorvente de contaminantes químicos, sendo essa uma forma de redução de impacto

ambiental em áreas degradadas, proporcionando uma destinação ambientalmente correta do resíduo gerado nas ETAs.

2 | METODOLOGIA

2.1 Coleta e preparação do adsorvente

O LETA é captado de forma líquida na ETA Santa Bárbara, localizada na cidade de Pelotas/RS, em dia de limpeza de decantadores. A secagem é realizada em estufa de secagem, sob a temperatura de (100 ± 5) ºC. Quando LETA seco, o material é moído em moedor estilo jarro com bolas cerâmicas até a textura em pó com material passante em peneira estilo mesh (230), para obtenção de diâmetro máximo de partículas do adsorvente de 63 µm.

2.2 Adsortivo

O adsortivo é o íon ou molécula em solução que tem o potencial de ser adsorvido (MEURER, 2007, p.111). Foi utilizado na pesquisa, como potencial adsortivo, o corante catiônico Azul de Metileno Hidratado (AM), em grau analítico e sem purificação suplementar, com fórmula $C_{16}H_{18}ClN_3S.3H_2O$. Este composto foi escolhido para esta aplicação por ser um corante de baixo custo, facilmente solubilizado em água, liberando íons.

2.3 Estudos de adsorção

Foram realizadas triplicatas nos estudos de adsorção do AM a partir de soluções aquosas, utilizando o LETA como adsorvente. O pH das soluções do adsorbato variaram de 2,0 a 10,0. O pH inicial das soluções do adsorvente foram medidos utilizando um pHmetro de bancada digital, seguindo os procedimentos da norma da EMBRAPA (1997).

Para a realização dos ensaios de adsorção, foi utilizado o aparelho Jar Test com capacidade de seis jarros de 2L cada. O corante AM foi diluído em água destilada a uma concentração de 20 mgL^{-1} e agitado a uma temperatura de (25 ± 1) ºC. Posteriormente foi adicionado o adsorvente em pó a uma concentração de 1g L^{-1}. Foi empregado um volume de 1L para as análises de adsorção no Jar Test, com agitação a 120 rpm por 10 minutos. Foram retiradas alíquotas de 10mL em diferentes tempos de contato: 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 e 150 minutos.

Após a realização da análise de adsorção no Jar Test, as alíquotas foram filtradas em centrífuga a 2400 rpm para separação dos adsorventes da solução. A concentração final do corante remanescente foi determinada pelo método de espectrofotometria de absorção molecular na região visível. Para isso foi utilizado um aparelho espectrofotômetro UV-VIS 1600 UV no comprimento de onda máximo do AM, de 665nm, com o uso de uma cubeta de vidro.

Para a determinação da quantidade de corante AM adsorvido e a porcentagem de remoção do mesmo, foram aplicadas respectivamente as equações 1 e 2:

$$q = \frac{Co - Cf}{m} \cdot V$$

Equação 1 - Cálculo da quantidade de corante adsorvido.

$$\%Remoção = 100 \cdot \frac{(Co - Cf)}{Co}$$

Equação 2 - Porcentagem de remoção de corante pelo adsorvente.

Na equação 1, **q** representa a quantidade de corante adsorvido ($mg.g^{-1}$), $\mathbf{C_o}$ denota a concentração inicial de AM em contato com adsorvente, expressa em ($mg.L^{-1}$); $\mathbf{C_f}$ é a concentração do corante após o processo de adsorção, expressa em ($mg.L^{-1}$); **V** representa o volume de solução corante (L); e **m** é a massa do adsorvente utilizado, expressa em gramas (g).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O LETA da ETA Santa Bárbara seco apresenta um pH de 6,5 e capacidade de troca catiônica (CTC) de 13,46 $cmol_c\ dm^{-3}$, conforme descrito por Morselli (2020). Tais valores estão de acordo com os parâmetros estabelecidos para LETA com o uso de alumínio como coagulante, conforme Richter (2001). A CTC observada no LETA Santa Bárbara está diretamente relacionada à presença de matéria orgânica (MO), que corresponde a 16,21%, bem como à presença de argilominerais na fração de argila, que corresponde a 26,9%, estabelecido por Morselli (2022). Define-se a CTC como a capacidade que os colóides do solo possuem para reter cátions, sendo diretamente dependente da quantidade de cargas negativas presentes no mesmo, sendo retidos, portanto, nutrientes e metais pesados.

Os resultados obtidos indicam que a adsorção de AM ocorreu conforme o esperado, com uma remoção de 85% do adsortivo ao final de 150 minutos do experimento (TABELA 1). Esse resultado mostra que o lodo de ETA Santa Bárbara possui um potencial significativo de aplicação como adsorvente de contaminantes.

Média das leituras com 0.5g de lodo para 20 mg/L de AM em duplicata		
min	**mg/L de AM**	**remoção (%)**
0	20	0,0000
10	7,6197	61,9017
20	6,4786	67,6070

30	5,9160	70,4200
60	4,3708	78,1458
90	4,1331	79,3344
120	3,2853	83,5737
150	2,8574	85,7132

Tabela 1- Porcentagem de remoção de corante pelo adsorvente.

4 I CONCLUSÕES

O uso do lodo de ETA como adsorvente apresenta vantagens como baixo custo de produção, alta disponibilidade e baixo impacto ambiental. Além disso, o processo de adsorção é considerado uma técnica simples e eficiente, com grande potencial de aplicação em diferentes processos de tratamento de água e solos. Os resultados deste estudo confirmam o potencial do lodo de ETA Santa Bárbara como material adsorvente para a remoção de contaminantes. Essa abordagem pode ser uma alternativa viável para a recuperação ambiental, ao mesmo tempo em que contribui para a gestão sustentável de resíduos gerados pelas estações de tratamento de água.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 10004: Resíduos sólidos.** Classificação. Rio de Janeiro 2004.

MOREIRA, S. A. **Adsorção de íons metálicos de efluente aquoso usando bagaço do pedúnculo de caju: estudo de batelada e coluna de leito fixo.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Editora Agronômica CERES, 1980.

RITTER, T. M. **Estudo do lodo de eta contendo alumínio para adsorção de fósforo de esgotos sanitários previamente tratados em wetlands construídos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

HUSSEIN, A. M.; SILLANPAA, M.; WAHED, M. S. A. **Impacts alum DWTPs sludge discharge and changes in flow regime of the Nile River on the quality of surface water and cultivated soils in Fayoum watershed, Egypt**. Science of the Total Environment, v. 766, p. 144333, 2021.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. Porto Alegre, 2017.

MORSELLI, L. B. G. A.; CARMO, L. A. G. do; QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R. **Lodo de estação de tratamento de água: possibilidade de aplicação no solo.** Scientia Plena, v. 18, n. 5, 2022. https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.051701

EMBRAPA, **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997.

LUCON, I. M.; BERTON, R. S.; COSCIONE, A. R. Adsorção de fósforo em latossolo tratado com lodo de estação de tratamento de água. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 10, n. 3, p. 317-326, 2017.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BAL KRISHNA KC, ARYAL A, JANSEN T. **Comparative study of ground water treatment plants sludges to remove phosphorous from wastewater.** J Environ Manage. 2016 Sep 15;180:17-23. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.05.006. Epub 2016 May 15. PMID: 27192387.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA VILA DE ITAÚNAS-ES

Data de submissão: 18/05/2023 *Data de aceite: 03/07/2023*

Julio Noventa Dalmazio
Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN
Nova Venécia – ES
http://lattes.cnpq.br/1683117498530057

Rogério Danieletto Teixeira
Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Nova Venécia – ES
http://lattes.cnpq.br/9949772398048843

Ediu Carlos Lopes Lemos
Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Nova Venécia – ES
http://lattes.cnpq.br/9467188496500540

RESUMO: A gestão dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETA) tem sido objeto de diversos estudos, e seu lançamento nos corpos hídricos podem alterar sua qualidade afetando as atividades humanas que dependem destas. Dentre os resíduos gerados se destaca a água empregada nos processos de limpezas dos filtros que, muitas vezes, é lançada indiscriminadamente no meio ambiente. O trabalho teve como objetivo, analisar a água de lavagem de filtros da ETA da Vila de Itaúnas, município de Conceição da Barra/ES, comparando os resultados obtidos nas análises com a Resolução Nº 430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. A ETA é do tipo filtração direta, sem adição de coagulantes. Os parâmetros analisados foram: cor, turbidez, potencial hidrogeniônico, temperatura, sólidos sedimentáveis, materiais flutuantes, ferro total e ferro dissolvido. Os resultados demonstraram que os dados obtidos para os parâmetros sólidos sedimentáveis e ferro dissolvido ficaram acima dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA N° 430/2011.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão; Itaúnas; Estação de Tratamento de Água; Qualidade

WATER WATER QUALITY ASSESSMENT OF FILTERS FROM A WATER TREATMENT STATION IN ITAÚNAS-ES VILLAGE

ABSTRACT: The management of waste generated at water treatment plants (ETA) has been the subject of several studies, and its release into water bodies can change its quality affecting human activities that depend on them. Among the waste generated is the water used in filter cleaning processes, which is often thrown indiscriminately into

the environment. The objective of this work was to analyze the filter washing water of the ETA of Vila de Itaúnas, Conceição da Barra / ES, comparing the results obtained with the National Environmental Council Resolution Nº. 430/2011 – CONAMA. ETA is a direct filtration type with no added coagulants. The parameters analyzed were: color, turbidity, hydrogen potential, temperature, sedimentable solids, floating materials, total iron and dissolved iron. The results demonstrated that the data obtained for the sedimentable solid parameters and dissolved iron were above the limits established by CONAMA Resolution Nº. 430/2011.
KEYWORDS: Management; Itaunas; Water treatment station; Quality.

1 I INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água devem oferecer, como premissa básica, água em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades dos consumidores (VIANNA, 2009).

As Leis 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – "Política Nacional de Recursos Hídricos", a Lei 9.433 de Recursos Hídricos e a 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – "Crimes Ambientais", trazem em seus conteúdos condições que deverão exigir nova postura dos gerentes dos sistemas de tratamento de águas diante dos resíduos gerados e sua disposição no meio ambiente, além de provocar uma mudança de postura dos órgãos de fiscalização diante do problema.

As Estações de Tratamento de Água (ETA), que fazem parte do sistema de abastecimento, podem ser definidas como um "conjunto de unidades destinado a tratar a água de modo a adequar as suas características aos padrões de potabilidade" (TSUTIYA, 2006, p. 10).

Na operação das ETAs, comumente são gerados resíduos, como é o caso do lodo proveniente da lavagem ou acúmulo nas unidades, sendo caracterizado como um resíduo não inerte composto por água, sólidos suspensos e reagentes químicos utilizados nos processos de tratamento (RICHTER, 2001).

Libânio (2010) indica que uma prática comum é o lançamento do lodo*in natura*em corpos d´água, mesmo com a legislação ambiental sendo restritiva a este tipo de método.

Di Bernardo (et al, 2012) relata que segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE em 2008, o Brasil possuía 5.564 municípios dos quais 3.141 utilizavam mananciais superficiais para abastecimento, e destes, 838 possuíam fontes de captação que recebiam algum tipo de poluição ou contaminação oriundos das fontes de captação. Acrescenta ainda que do total de municípios brasileiros, 2.098 geravam lodo nas ETAs e deste total cerca de 1.415 dispunham os resíduos em rios, geralmente, sem qualquer tipo de tratamento.

Além da presença de organismos patogênicos e compostos orgânicos, os resíduos de ETA quando lançados nos corpos d'água sem tratamento podem prejudicar a luminosidade do meio líquido devido ao aumento da concentração de sólidos em suspensão totais, que

podem limitar totalmente o uso do manancial para dessedentação animal e/ou consumo humano e aumentar da concentração de metais tóxicos nos sedimentos e nos resíduos gerados (DI BERNARDO et al, 2012).

Para Scalize (2003), o tratamento e destinação final do lodo gerado nos processos de tratamento de água são de grande importância, considerando a redução do seu volume e a mitigação dos impactos ambientais provenientes do seu lançamento indiscriminado.

Von Sperling (2005) coloca que a decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento e disposição do lodo de ETA deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. Não há fórmula generalizada para tal, e o bom senso ao se atribuir a importância relativa de cada aspecto técnico é essencial.

Diante disto, vislumbra-se a necessidade de conhecer o lodo gerado pelas ETAs para que seja possível identificar e mitigar os impactos do seu descarte, estando em consonância com o licenciamento ambiental. O presente trabalho tem por objetivo realizar análises físico- químicas do lodo produzido na ETA do distrito de Itaúnas, pertencente ao município de Conceição da Barra/ES, constituída por sistema do tipo filtração direta.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A ETA a ser analisada está localizada na Vila de Itaúnas, município de Conceição da Barra/ES, onde a concessionária responsável pelo abastecimento de água e tratamento de esgotos é a Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN.

A escolha desta unidade se deve ao fato de que a ETA Itaúnas possui como condicionante em sua Licença Ambiental de Regularização das Atividades de Saneamento – LARS N° 64/2016, o tratamento e destinação final do lodo gerado nos processos operacionais. Para melhor concepção dos estudos relacionados a esta temática, se faz necessário analisar o efluente gerado para subsidiar adequadamente a tomada de decisão da Concessionária.

A tabela 1 a seguir apresenta as informações referentes ao sistema de tratamento de água de na ETA da Vila de Itaúnas.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ITAÚNAS		
Coordenadas UTM		24K425.125E/7.693.128N(DATUN:WGS84)
Manancial de captação		4 poços artesianos
Vazão média de tratamento (2013)		6,9 L/s
Tempo médio operação da ETA		18 horas
Filtros	Número de Filtros	3
	Campanha média de filtração	66,5 a 326 horas
	Tempo médio de limpeza	6 minutos (tempo fixo)
	Vol. de água descartada na limpeza de cada filtro	20 m^3
	Def. momento de lavagem dos filtros	- perda de carga

Tabela 1. Descritivo da Estação de Tratamento de Água de Itaúnas/ES.

O sistema de tratamento de água de Itaúnas é do tipo “filtração direta” composta por: aeração, filtração e reservação. No processo, não é utilizado coagulante. A ETA atende a aproximadamente 96,5% da população residente. Por ser uma ETA de filtração direta, o lodo gerado é proveniente da Água de Lavagem de Filtros – ALF, que também pode ser chamado também de “efluente”. O fluxograma de tratamento é apresentado na figura 1 a seguir.

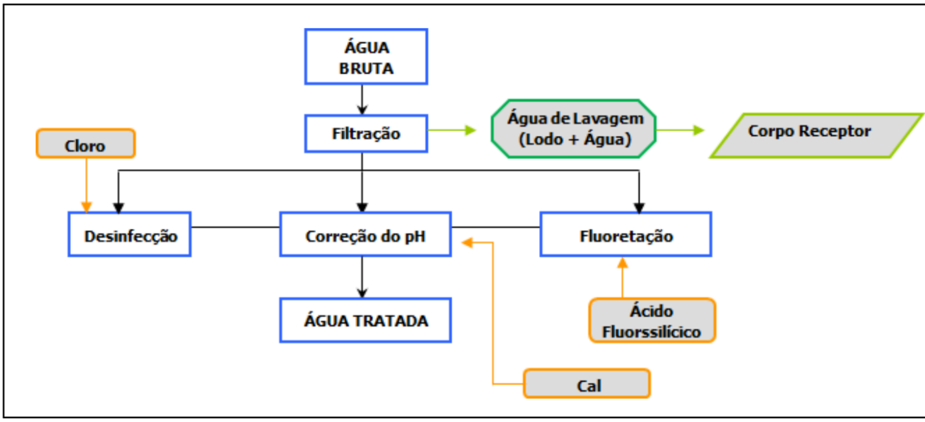


Figura 1: Fluxograma de tratamento da ETA Itaúnas

Fonte: Relatório Descritivo Preliminar ETA Itaúnas (2014).

A ALF da ETA Itaúnas possui como característica uma coloração avermelhada (figura 2) devido a presença de bicarbonato ferroso dissolvido na água bruta, captada em mananciais subterrâneos, que no processo de aeração transforma-se em óxido férrico. Como não há aplicação de produtos químicos coagulantes, os elementos presentes na ALF desta ETA são os componentes naturais do manancial de água subterrânea (CESAN,2018).



Figura 2: Água de lavagem de filtros da ETA Itaúnas.

Fonte: O Autor.

AMOSTRAGEM

A coleta de amostras de lodo da ETA adaptou o modelo adotado por Angelim (2015). Foram realizadas 04 campanhas idênticas, sendo coletados aproximadamente 200 ml de ALF a cada 10 segundos durante o tempo da lavagem e despejadas em um recipiente. O ponto de coleta foi na calha de saída da unidade-filtrante.

Após o término da lavagem, foram coletadas parte desta ALF para análise nos equipamentos da ETA e a outra parte para envio ao Laboratório Central da CESAN, localizado em Vila Velha/ES. As amostras encaminhadas ao laboratório foram armazenadas em frascos e acondicionadas em caixa térmicas com gelo reciclável para atender ao limite máximo de 4º C, garantindo preservação adequada.

As visitas na ETA de Itaúnas e as coletas de ALF foram realizadas em dezembro de 2018. A ETA conta com três unidades filtrantes, que são nomeadas como: Filtro01, Filtro02 e Filtro03. A figura 3 evidencia os procedimentos de coletas de ALF na saída dos filtros.

O tempo de funcionamento da unidade filtrante, ou tempo de corrida, contempla o período (em horas) da última lavagem até o momento da lavagem atual. Desta forma, obteve-se uma média de 180 horas, que equivale a 7,5 dias, que de acordo com as informações do operador, isto se deve ao fato de que no mês de dezembro ocorre uma maior produção de água devido à alta temporada, o que diminui o tempo de corrida dos filtros. Em épocas de baixa temporada, o tempo de corrida dos filtros pode chegar até 13 dias sem lavagem.



Figura 3: Coletas de ALF na saída no filtro

Fonte: O Autor.

PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Com base nas características da água bruta captada, na ausência de produtos químicos utilizados para coagulação e na coloração avermelhada característica da ALF e na legislação ambiental vigente, os parâmetros monitorados foram: turbidez; cor; potencial hidrogeniônico (pH); sólidos sedimentáveis; temperatura; ferro total; ferro dissolvido e materiais flutuantes.

As análises dos parâmetros de turbidez, cor, pH, temperatura, materiais flutuantes e sólidos sedimentáveis foram realizadas imediatamente após a coleta, utilizando os equipamentos presentes na ETA. O parâmetro, materiais flutuantes foi analisado visualmente, sem necessidade de equipamento.

Quanto aos parâmetros ferro total e ferro dissolvido, as análises foram realizadas no Laboratório Central da CESAN. Os procedimentos laboratoriais realizados, estiveram em conformidade com os métodos utilizados por cada laboratório.

A seguir, a tabela 2 apresenta a listagem dos equipamentos utilizados bem como sua normatização para os procedimentos de análise quando aplicada.

PARÂMETRO	EQUIPAMENTO	FABRICANTE	NORMATIZAÇÃO
Cor	Colorímetro		Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª Edição, método 2120 E
Ferro Dissolvido	Espectrofotômetro de Absorção Atômica	Agilent	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª Edição, método 2120 E
Ferro Total	Espectrofotômetro de Absorção Atômica	Agilent	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª Edição, método 2120 E
pH	pHmetro	Digmed	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª Edição, método 2120 E
Sólidos Sedimentáveis	ConeInmhof	Prolab	NBR10.561/1988
Temperatura	Termômetro Químico	Incoterm	
Turbidez	Turbidímetro	Digmed	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª Edição, método 2120 E

Tabela 2 - Equipamentos utilizados para análises físico-químicas

Fonte: O Autor

3 | ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos foram analisados sob a ótica da legislação ambiental vigente e de pesquisas realizadas sobre esta temática. A NBR 10.004 classifica o lodo gerado em ETA como resíduo sólido, porém, ao ser considerado as características da água bruta captada e a forma de disposição final do lodo adotada na ETA Itaúnas, neste trabalho a ALF foi avaliada tendo por base a legislação hídrica, para verificação quanto ao atendimento aos limites estabelecidos para lançamento direto em corpo receptor. Não existe normatização do CONAMA em relação a padrões de lançamento para águas de lavagem de filtros de ETAs. Assim, os dados obtidos foram comparados ao padrão genérico de efluentes da Resolução CONAMA N° 430/2011, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores.

Os parâmetros analisados ferro dissolvido, pH, sólidos sedimentáveis, materiais flutuantes e temperatura possuem limites estabelecidos na Resolução CONAMA N° 430/2011.

O Artigo 16 da referida resolução trás condições e padrões para lançamentos de efluentes provenientes de qualquer fonte poluidora, no qual se enquadra a água de lavagem de filtros da ETA Itaúnas.

Os parâmetros cor e turbidez não possuem limites estabelecidos em legislação ambiental vigente para lançamento de efluentes de corpo receptor. Assim, utilizou-se como base a pesquisa realizada por Souza e Almeida (2017), que realizaram caracterização físico-químicas de lodo de uma ETA localizada em Várzea Grande, Mato Grosso, onde os parâmetros supracitados para água de lavagem de filtros são comparados com as faixas observadas por Scalize e Di Bernado (2000) e Scalize (1997).

O parâmetro ferro total também não possui limites estabelecidos em legislação para lançamento de efluentes. Neste caso, durante a pesquisa não foram encontradas fontes que indicavam a concentração de ferro total em lodo de ETA para comparação com os resultados encontrados.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos parâmetros analisados, três deles não possuem limite estabelecido na ResoluçãoCONAMA N° 430/2011 e devido a isto foram tratados a parte, a saber: cor, ferro total e turbidez. A figura 4 evidencia a amostra coletada e as cubetas para análises de cor e turbidez. Os resultados destas análises são apresentados na tabela 3. As amostras de ferro total do material coletado foi encaminhado ao Laboratório Central da CESAN foram descartadas, pois excederam a temperatura limite de preservação.



Figura 4 – Amostra coletada e cubetas para análise de cor e turbidez.

Fonte: O Autor.

Nº da amostra	Data	Cor (UC)	Ferro Total (mg/L)	Turbidez (NTU)
1	06/12/2018	1319,4	**	129
2	14/12/2018	894	82,9	82,7
3	20/12/2018	2350	84,2	81,1
4	27/12/2018	990		65,9
Valores comparativos Saclize e Di Bernardo (2000)				

** Análise não realizada para a coleta N° 1.

Tabela 3 - Resultados dos parâmetros Cor, Ferro Total e Turbidez

Fonte: O Autor.

O parâmetro ferro total não apresentou variação considerável nos dados, tendo como média 83,6 mg/L Fe. Para turbidez, os valores apresentaram média de 89,7 NTU, acima da faixa encontrada por Scalize (1997). Devido ao processo de lavagem dos filtros, sólidos acumulados nos interstícios do leito filtrante são desprendidos, o que eleva a turbidez da ALF.

O parâmetro cor foi o que sofreu as maiores variações, com mínimo de 894 UC e máximo de 2350 UC, apresentando como média 1388,4 UC. Comparando com a faixa encontrada por Scalize e Di Bernardo (2000), apenas a amostra 3 ficou acima dos valores.

O Artigo 16 da Resolução CONAMA Nº 430/2011 faz menção às condições e padrões para lançamentos de efluentes provenientes de qualquer fonte poluidora, no qual se enquadra a ALF da ETA Itaúnas, e foi utilizado como referência. Os parâmetros analisados neste trabalho que possuem limite estabelecido na legislação são: temperatura; ferro dissolvido; pH, sólidos sedimentáveis e materiais flutuantes. A tabela 4 abaixo informa os resultados destas análises.

Nº Coleta	Temperatura da Amostra ºC	Ferro (mg/L)	pH	*Sólidos Sedimentáveis	Materiais Flutuantes
1	27,5	-	6,8	12	Ausente
2	24,2	34,5	6,3	10	Ausente
3	25	38,7	6,4	9	Ausente
4	26	-	6,1	16	Ausente

* Análise realizada pelo Laboratório Central da Cesan.

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros Temperatura, Ferro Dissolvido, pH, Sólidos Sedimentáveis e Materiais Flutuantes

Fonte: O Autor.

As amostras de ferro dissolvido da coleta N° 4 encaminhadas ao Laboratório Central da CESAN foram descartadas, pois excederam a temperatura limite de preservação. Este parâmetro não foi analisado na coleta N° 1.

A Resolução CONAMA N° 430/2011, em seu Artigo 16, estabelece que efluentes de qualquer fonte poluidora tenham uma temperatura inferior a 40 °C. Pode-se observar na tabela 4 que os dados de temperatura estão dentro dos limites indicados na legislação, com média de 25,7 °C.

Para o parâmetro inorgânico ferro dissolvido, a Resolução CONAMA N° 430/2011 determina o valor máximo de 15 mg/L Fe. Nas amostras 2 e 3, os valores apresentados ficaram acima do limite permitido, com média de 36,6 mg/L Fe. A água bruta contém bicarbonato ferroso como constituinte natural, que é oxidado na aeração e retirado no processo de filtração. A figura 5 exemplifica a coloração avermelhada da ALF.



Figura 5: Amostra da ALF da ETA de Itaúnas

Fonte: O Autor.

Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), a Resolução Conama Nº 430/2011 permite lançamentos de efluentes com pH na faixa de 5 a 9. Na tabela 4 os valores correspondentes a este parâmetro estão dentro da faixa permitida, com característica levemente ácida, com média de 6,4. A figura 6 evidencia a análise de pH.

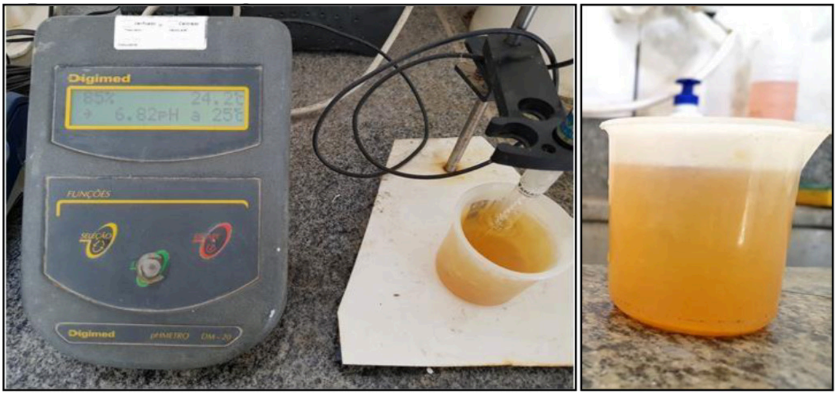


Figura 6: Análise de pH.

Fonte: o Autor.

No caso de sólidos sedimentáveis, o valores permitidos pela Resolução CONAMA Nº 430/2011 são de até 1 ml/L. Os valores ficaram acima do limite permitido pela referida legislação em todas as análises realizadas, com média de 11,8 ml/L, tendo relação com as características presentes na água bruta captada. A figura 7 indica a análise de sólidos sedimentáveis com cones Inmhoff.

Dos oito parâmetros verificados, cinco possuem limites preconizados em legislação. Destes cinco, três atenderam a Resolução CONAMA Nº 430/2011. A autorização para lançamento dependerá do órgão ambiental estadual, que deve levar em consideração a procedência da água bruta, suas características naturais e a ausência de produtos químicos presentes na ALF.



Figura 7: Análise de sólidos sedimentáveis.

Fonte: O Autor.

5 | CONCLUSÕES

Os aspectos e impactos ambientais devem ser mapeados para todas as atividades passíveis de licenciamento ambiental. As Estações de Tratamento de Água prestam um serviço essencial à população, devendo-se primar pelo fortalecimento da gestão ambiental de suas unidades operacionais.

Destaca-se que não há uma resolução do CONAMA que estabeleça os limites máximos para o lançamento de água de lavagem de filtro de estações de tratamento de água, de modo que possa considerar suas especificidades. Por esta razão, os dados da campanha de monitoramento realizada neste estudo foram comparados ao padrão genérico de efluentes da Resolução CONAMA N° 430/2011.

A ETA de Itaúnas produz efluente proveniente da lavagem de filtros que é lançado *in natura* em corpo receptor. Mesmo sendo manancial subterrâneo e a água bruta possuir boa qualidade, os parâmetros de ferro dissolvido e sólidos sedimentáveis ultrapassaram o limite máximo conforme preconiza o Artigo 16 da Resolução CONAMA Nº 430/2011.

Não obstante, o órgão ambiental pode permitir o lançamento direto no corpo receptor caso considere que esta ALF não cause alterações em seus padrões de qualidade. Tal situação ocorre em casos de interesse público mediante estudos de impacto ambiental, levando em conta a capacidade de assimilação e diluição do manancial (VON SPERLING,2014).

Durante a realização dessa pesquisa, foi verificado que a CESAN está tratando da regularização dessa questão junto ao órgão ambiental dentro do processo de licenciamento da ETA.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas soluções podem ser viáveis para esta unidade, como por exemplo, o desaguamento do lodo em leitos drenantes, disposição na rede coletora de esgoto para posterior tratamento em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) ou lançamento direto no solo, este último com a devida autorização e monitoramento do órgão ambiental.

É importante mencionar que o efluente desta ETA, composto em sua maioria por água, também pode ser reaproveitado na ETA com a finalidade de recirculação, reduzindo as perdas de água na sua produção, mediante estudos que comprovem sua aptidão para tal.

Para trabalhos posteriores, é sugerido que sejam feitas análises de DBO para determinação da carga orgânica da ALF, avaliação do impacto do lançamento.

REFERÊNCIAS

ACHON, C.L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro.**Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 18, p.115-122, abr. 2013.

ANGELIM, S. C. M.**Estudo em escala real da disposição de resíduo de decantador de ETA em lagoa de estabilização de esgoto**.2015. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Programa de Pós-graduação em Engenharia do Meio Ambiente, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 10.004**– Resíduos sólidos -Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 03 ago. 2010. ___

_________. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional deRecursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 jan.1997.

________. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 fev.1998.

CAMPOS, H. L.**Caracterização de água de lavagem de filtros em estações de tratamento de água de filtração direta**. 2015. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

CESAN.**Relatório de Visita Técnica ETA Itaúnas**. Vitória: 2018.

________.**Relatório Descritivo Preliminar da ETA Itaúnas**. Vitória:2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 22 dez. 1997.

________. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005.

________. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrõesdelançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.**Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 mai.2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N.**Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2012. 480p.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S.**Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. São Carlos: LDiBe, 2008. 682p.

GUIMARÃES, G. C.**Estudo do adensamento e desidratação dos resíduos gerados na ETA-Brasília.**2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; JOUSKOSKI, A., TRINDADE, E. M.; ANDREÓLI, C. V. Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental.**Química Nova**, São Paulo, v. 29, p.79-84, set.2006.

IBGE.**Atlas de Saneamento**. Rio de Janeiro, 2011.

LIBÂNIO, M.**Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

RICHTER, C. A.**Tratamento de lodos de estação de tratamento de água**. São Paulo: Blucher, 2001.

ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS COMUNIDADES INSULARES: ESTUDO DE CASO NA ILHA DE MARÉ, BAHIA, BRASIL

Data de aceite: 03/07/2023

Quézia Barbosa dos Santos
Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica da UFBA. Depto. de Engenharia Ambiental
Salvador, Bahia, Brasil

Vivien Luciane Viaro
Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica da UFBA. Depto. de Engenharia Ambiental
Salvador, Bahia, Brasil

Ivan Correia de Oliveira Paiva Junior
Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica da UFBA. Depto. de Engenharia Ambiental
Salvador, Bahia, Brasil

Flávia dos Reis Rebouças
Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica da UFBA. Depto. de Engenharia Ambiental
Salvador, Bahia, Brasil

Luciano Matos Queiroz
Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica da UFBA. Depto. de Engenharia Ambiental
Salvador, Bahia, Brasil

RESUMO: Devido às características geográficas, topográficas, sociais e econômicas, as comunidades insulares demandam soluções específicas de saneamento. Esta pesquisa teve como objetivo propor uma solução para coleta e tratamento de efluentes sanitários gerados no povoado de Santana, na ilha de Maré, estado da Bahia, Brasil. Atualmente, grande parte dessa população descarta seus efluentes domésticos em valas ou diretamente no oceano. Esta fonte de poluição é responsável pela contaminação dos aquíferos subterrâneos e do ambiente marinho. As propostas de redes coletoras de esgoto foram elaboradas utilizando o software SaniBID RedBasica®. Quanto ao tratamento, foi aplicada uma associação de tanques de sedimentação e reatores anaeróbios defletores. Os cálculos e desenhos de engenharia foram elaborados com o software gratuito SaniBID STAR SD, desenvolvido por meio de parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Universidade Federal da Bahia. Os resultados mostraram que o Sistema de coleta de esgoto condominial demosntrou-se mais atraente do ponto de vista técnico, com capacidade para atender os domicílios de todas as quadras do vilarejo.

A combinação de tanques de sedimentação e reatores anaeróbios compartimentados em série pode permitir eficiências de remoção de DQO e DBO de 81 e 88%, respectivamente. Esses valores são próximos aos obtidos em tratamento de efluentes sanitários convencionais que empregam tecnologias como reatores UASB e filtros biológicos.
PALAVRAS CHAVE: Comunidades Insulares, Saneamento Básico, Reatores Anaeróbios Compartimentados.

SANITARY SEWAGE IN ISLAND COMMUNITIES: A CASE STUDY IN ILHA DE MARÉ, BAHIA, BRAZIL

ABSTRACT: Due to geographic, topographical, social and economic characteristics, island communities demand specific sanitation solutions. This research aimed to propose a solution for the collection and treatment of sanitary wastewater generated in the village of Santana, on the island of Maré, state of Bahia, Brazil. Currently, most of this population disposes of their domestic wastewater in ditches or directly into the ocean. This source of pollution is responsible for the contamination of underground aquifers and the marine environment. The proposals for sewage collection networks were elaborated using the software SaniBID RedBasica®. Regarding the treatment, it was applied the association of sedimentation tanks and anaerobic baffled reactors. The calculations and engineering drawings were prepared using the SaniBID STAR SD, free software, developed through a partnership between the Inter-American Development Bank (IDB) and the Federal University of Bahia. The results showed that the type of condominium sewage collection network proved to be more attractive from a technical point of view, with the capacity to serve households in all blocks of the village. The combination of sedimentation tanks and anaerobic baffled reactors in series can allow COD and BOD removal efficiencies of 81 and 88%, respectively. These values are close to those obtained in conventional sanitary wastewater treatment that employ technologies, such as UASB reactors and biological filters.
KEYWORDS: Island Communities, Basic Sanitation, Anaerobic Baffled Reactors

1 I INTRODUÇÃO

Os desafios para prestação dos serviços de saneamento básico requerem a concepção de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgotos sanitários capazes de garantir a sustentabilidade econômica, operacional e ambiental. Nesse sentido, a agenda 2030 assinada pelos estados-membros da ONU no ano de 2015 estabeleceu 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A promoção do saneamento básico como direito humano fundamental está contemplada no ODS número 6.

No Brasil, o termo comunidades isoladas é empregado para designar os núcleos habitacionais distribuídos em territórios de difícil acesso, caracterizados pela deficiência das políticas públicas de saneamento, ausência de participação social e limitações financeiras. Pode-se afirmar que no terceiro mundo, essas localidades são desprovidas de rede de esgotamento sanitário, o que resulta na inexistência de manejo adequado dos esgotos. Portanto, o desenvolvimento de soluções para coleta, tratamento e destino final

dos esgotos sanitários deve considerar as peculiaridades de cada território. Essa condição demanda uma abordagem diferenciada da empregada nos sistemas centralizados das regiões metropolitanas, tendo em vista a busca por tecnologias sustentáveis sob o ponto de vista econômico, social e ambiental (Tonetti et al., 2018).

Segundo Tonetti et al. (2018), no âmbito das comunidades isoladas várias soluções e tecnologias têm sido desenvolvidas no mundo para o manejo dos esgotos sanitários e recuperação dos seus produtos e subprodutos. Analisando especificamente a situação das áreas insulares e geograficamente isoladas, a recuperação de água e nutrientes consiste em uma possível solução para o estresse hídrico nesses locais.

Ragazzi et al. (2016) desenvolveram um arranjo tecnológico alternativo de baixo custo para o atendimento do distrito de El Mirador, localizado na ilha de Santa Cruz no arquipélago de Galápagos, Equador. A composição de um processo constituído pela associação entre tanques Imohff e wetlands construídos (fitorremediação) e desinfecção final por infiltração-percolação apresentou eficiências satisfatórias na remoção dos poluentes, atendendo aos requisitos da legislação equatoriana (RAGAZZI et al., 2016).

O sistema desenvolvido para a ilha Phi Phi Don, cuja população variava entre 3000 e 4000 habitantes, chegando a abrigar 1.2 milhão de turistas, foi projetado sob uma perspectiva paisagística, em harmonia com a estética dos hotéis e praias presentes na localidade. Com capacidade diária de tratamento de 400 m³ de esgoto, o arranjo consistia na coleta dos afluentes provenientes de tanques sépticos individuais, estação elevatória (EE) subterrânea movida a energia solar, três tipos de wetlands (fluxo vertical subsuperficial, horizontal subsuperficial e superfície livre) apoiados em filtros de cascalho e lagoa de polimento (BRIX et al., 2007).

Chueiri e Fortunato (2021), ilustram por meio de um estudo das praias de Abraão e Aventureiro, localizadas na Ilha Grande, em Angra dos Reis no estado do Rio de Janeiro, a necessidade de um plano de gestão costeira dos afluentes domésticos. Para esses autores, os ecossistemas e as atividades econômicas têm sido afetadas pela poluição decorrente do manejo inadequado dos esgotos sanitários, principalmente durante o verão quando o fluxo de pessoas é consideravelmente maior.

Diante desse contexto, elaborou-se esse trabalho com o intuito de desenvolver uma proposta tecnológica para promover a coleta, tratamento e valorização dos esgotos sanitários gerados em comunidades situadas em regiões insulares isoladas, a partir de um estudo de caso realizado no povoado de Santana, Ilha de Maré, na cidade do Salvador, estado da Bahia, Brasil.

2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi propor uma solução de coleta e tratamento dos esgotos gerados em uma comunidade insular e isolada no povoado de Santana, na ilha de Maré, da

cidade do Salvador, estado da Bahia, Brasil. Especificamente buscou-se: (1) Caracterizar a ocupação do espaço, os aspectos topográficos, urbanísticos, habitacionais, sociais, econômicos da localidade; (2) avaliar a viabilidade técnica da construção dos modelos convencional e condominial de rede de coleta dos esgotos sanitários; (3) propor um processo de tratamento dos esgotos sanitários adequado à vocação turística da localidade.

3 I METODOLOGIA

3.1 Descrição da Localidade Estudada

O povoado de Santana está situado na parte sul da costa oeste da ilha de Maré, consiste na localidade com maior densidade demográfica (36 hab./hectare) abrangendo uma área de aproximadamente 25.4 hectares (Figura 1). A região concentra unidades de promoção da saúde, educação, lazer, turismo, serviços, comércio e templos religiosos.

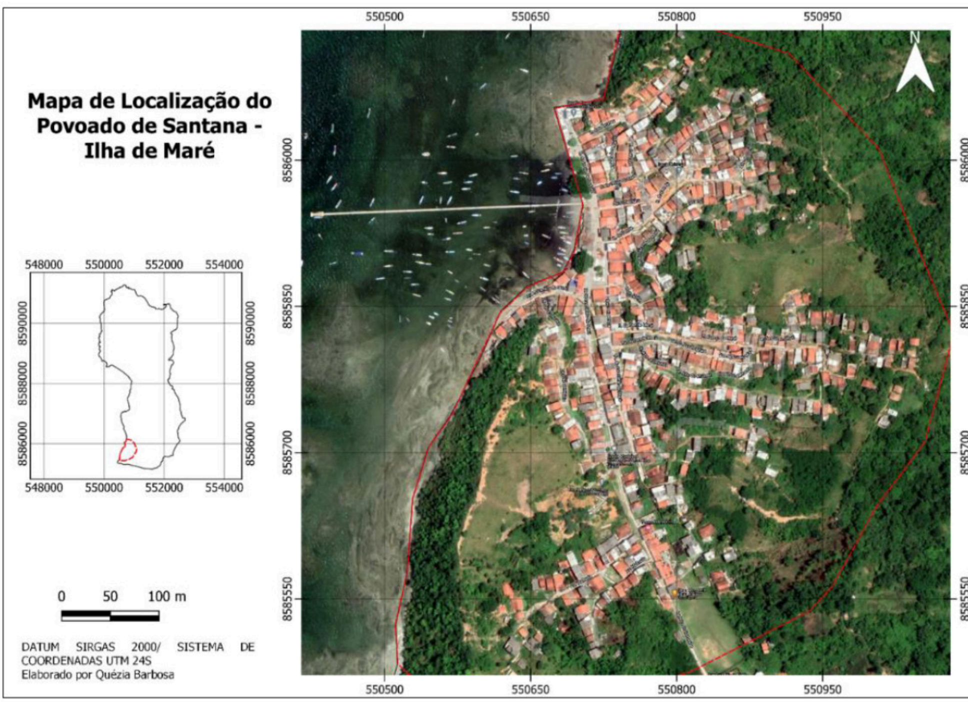


Figura 1. Mapa de localização do povoado de Santana, Ilha de Maré, Bahia, Brasil.

A geomorfologia da ilha é caracterizada por formas de relevo acidentadas, com áreas planas ao longo do litoral, elevações nas regiões centrais e uma costa formada por uma sequência de reentrâncias e saliências. Apresenta áreas de manguezais, localizadas situadas na porção norte e recifes de corais distribuídos em sua extensão litorânea, principalmente na região ao sul Sobre o bioma da mata atlântica, pode-se afirmar que

restou apenas uma vegetação remanescente e secundária, predominando espécies de menor porte (rasteira) e áreas de cultivos agrícola, como banana, cana-de-açúcar, cana brava, coco e dendê. A plantação desses gêneros, juntamente com a pesca artesanal, coleta manual de mariscos, artesanato e o turismo consistem nas atividades econômicas desenvolvidas no território de ilha de Maré (Escudero, 2011).

Analisando, especificamente, o povoado de Santana, observa-se uma tendência um pouco diferente, com mais da metade da população ocupada atuando no setor de serviços (51.6%); 17.7% no setor de comércio; 13.8% no setor da construção civil e somente 4.7% no setor agropecuário.

As obras de infraestrutura não acompanharam o processo de urbanização da ilha de Maré, portanto, existe uma evidente carência referente ao acesso da população local aos serviços de saneamento, transporte, comunicação, educação, saúde e moradia. Segundo o Sistema de Informação Municipal de Salvador (2010), dos 1 228 domicílios permanentes em ilha de Maré, 1140 são abastecidos pela rede de água, o que corresponde a um percentual de 92.4%.

Devido a inexistência de serviços de esgotamento sanitário, a maior parte da população despeja as águas servidas em valas ou diretamente no oceano. Essa fonte de poluição é responsável pela contaminação dos aquíferos subterrâneos e do ambiente marinho, afetando as principais atividades econômicas do local, como a pesca e a coleta de mariscos (Rêgo, 2018).

3.2 Informações e Parâmetros de Projeto do Sistema de Coleta e Tratamento dos Esgotos

A análise da topografia do terreno foi realizada com o auxílio do *software* QGIS®, Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto desenvolvido pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), versão 3.16. Inicialmente, definiu-se o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) do projeto, com base no fuso de Coordenadas Planas (UTM) da cidade do Salvador, denominado Zona 24 S. Adotou-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas SIRGAS2000, de uso oficial no Brasil.

Utilizaram-se quatro folhas articuladas de MDT que compreendiam a área de Santana, a saber: 106.364; 106.443; 115.132 e 115.211. Os arquivos, no formato ".fit", foram adicionados como camadas *raster* e mesclados por meio do uso da ferramenta "Miscelânea". Com o objetivo de delimitar a área de estudo, criou-se uma "Nova camada shapefile" com geometria poligonal, no sistema de coordenadas de referência adotado. Baseado nos dados altimétricos do MDT da área de interesse foram gerados os mapas hipsométrico e topográfico. O primeiro foi obtido com a aplicação de um gradiente específico de cores para representação do relevo, no qual as cores frias correspondiam às baixas altitudes e cores quentes à elevadas. O segundo resultou da extração das curvas de nível com equidistância de um metro. A representação foi aprimorada por meio do o algoritmo

"*Line smoothing*" do Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado (SAGA), tendo como finalidade produzir linhas suaves e mais próximas da realidade.

Elaborou-se a projeção do crescimento populacional levando-se em consideração os dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o horizonte de projeto e os aspectos relacionados à ocupação do solo, características das habitações e à topografia local. A população total foi estimada com base nas populações residente e flutuante. Baseado nos levantamentos demográficos dos censos de 2000 e 2010, obteve-se a população total em domicílios particulares permanentes do setor n. 292740805100004, correspondente ao povoado de Santana.

O cenário atual da distribuição dos núcleos residenciais foi analisado com o auxílio do complemento HCMGIS® na interface do QGIS®. Assim, inseriu-se por meio da função "BaseMap®", na opção "Google Satellite Hybrid®", imagens da área de interesse, as quais foram utilizadas como base para delimitação dos domicílios, cujas feições foram adicionadas em uma nova camada *shapefile* com geometria poligonal. As ruas foram inseridas a partir dos arquivos contendo a divisão político-administrativa do município de Salvador realizada pelo IBGE. Dessa maneira, foi possível identificar as áreas de adensamento populacional, obter a quantidade de domicílios e a densidade habitacional.

3.3 Alternativas de Projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário

A camada vetorial de curvas de nível com equidistância de um metro foi combinada com as delimitações das ruas e domicílios no software QGIS®, possibilitando uma visão da declividade natural do terreno, distribuição das moradias e possíveis pontos de disposição final do efluente. Considerando os tipos de sistemas separadores de esgotamento sanitário, idealizaram-se duas propostas de rede coletora. Com o auxílio do complemento SaniBID®, instalado no QGIS® a partir do arquivo zip "SaniBID RedBasica master", foram elaborados os traçados utilizando os modelos de rede de coleta de esgotos convencional e condominial. Visando a redução dos custos de construção e manutenção da rede, buscaram-se traçados com profundidades reduzidas, cujo sentido de escoamento fosse determinado pela topografia do terreno, ou seja, o transporte dos esgotos deveria ser promovido por meio da ação da força gravitacional.

Na perspectiva do modelo convencional de esgotamento sanitário, a rede coletora foi projetada considerando-se a presença dos condutores na maioria das vias públicas e a ligação individual das residências. Na segunda alternativa, a rede condominial, os domicílios foram divididos em vinte e quatro condomínios, os quais foram interligados à rede básica situada somente nos pontos baixos das ruas, tangenciando os lotes. No interior de cada quarteirão, os ramais podem assumir três configurações distintas: passeio, jardim ou fundo de lote, sendo a última mais adequada para o caso em estudo.

Os parâmetros de determinação das vazões e os critérios hidráulicos, típicos do traçado convencional, foram adotados de forma análoga para a rede básica condominial.

Para o povoado de Santana, adotou-se o consumo per capita de 100 L/hab.dia. Os coeficientes de retorno água/esgoto e de variação horária e diária de vazão de esgotos foram adotados baseados na norma técnica brasileira NBR 9649 (ABNT, 1986). No sistema condominial as vazões domésticas foram expressas em equivalentes por unidade de contribuição de referência, considerando o consumo médio de água em um domicílio da área de interesse. No modelo convencional, as contribuições foram distribuídas de maneira uniforme ao longo do comprimento da rede. Portanto, as vazões por trecho foram expressas por meio de taxas de contribuição linear.

Para o tratamento dos esgotos sanitários gerados na localidade de Santana, projetaram-se dois reatores anaeróbios compartimentados (RAC) que operam em paralelo com cada unidade precedida por um tanque de sedimentação (TS). Os arranjos foram dimensionados com capacidade para receber metade da vazão de contribuição da área de estudo e foram dispostos no trecho anterior ao ponto de disposição final do efluente, visando otimizar a logística de retirada, transporte e possibilidade de valorização do lodo biológico gerado nas unidades.

Os cálculos de dimensionamento, plantas, cortes e detalhes foram desenvolvidos com auxílio do plugin SaniBID STAR SD, software livre, instalado por meio de um arquivo zip na interface do QGIS®. Essa ferraenta foi desenvolvida levando em consideração as etapas de cálculos e equações propostas por Sasse (1998).

4 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocupação da área do povoado de Santana iniciou-se no perímetro da costa litorânea em direção ao povoado de Itamoabo. Nesse eixo principal de adensamento populacional as habitações situavam-se em sua maioria nos pontos baixos. As áreas, até então desocupadas, expandiram-se de forma desordenada pelas encostas originando três grandes loteamentos principais: um ao norte; outro, na parte central e o último, ao sul do povoado. A população considerada para esse projeto foi igual a 2000 habitantes, incluindo a população flutuante nos meses de verão.

Portanto, o traçado obtido para a rede de coleta de esgotos no modelo convencional, caracterizado por ligações individuais dos domicílios à rede coletora, apresentou uma extensão considerável abrangendo todas as ruas da área de estudo (Figura 2).

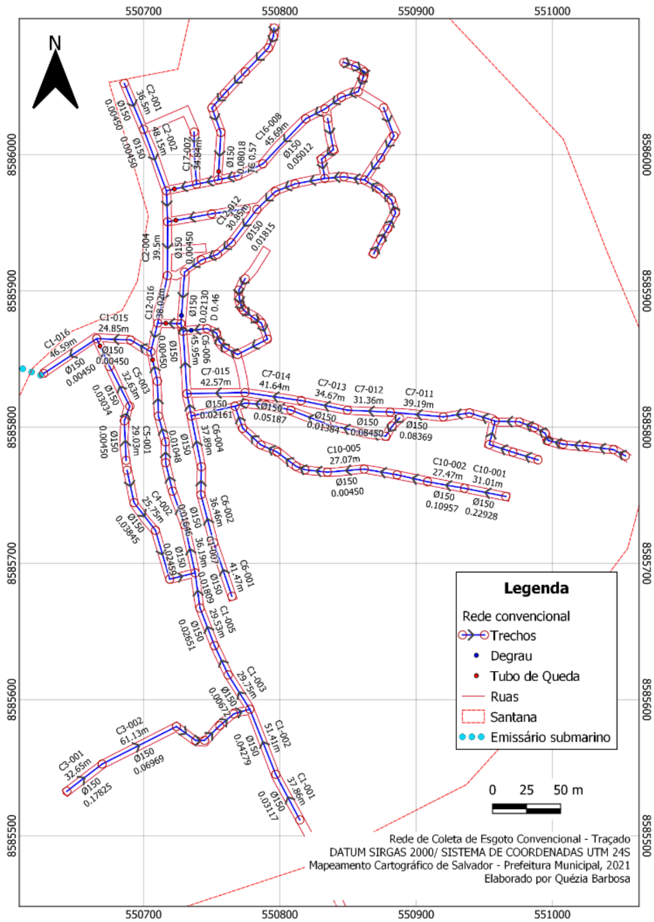


Figura 2. Traçado da rede de coleta de esgotos no modelo convencional.

Por outro lado no modelo condominial, destaca-se a representação das quadras nos pontos de reunião de cada lote, os quais correspondem à menores altitudes e definiram o traçado da rede de coleta de esgotos (Figura 3). Essa opção resultou em traçados com extensões consideravelmente menores, visto que a rede somente tangencia esses pontos.

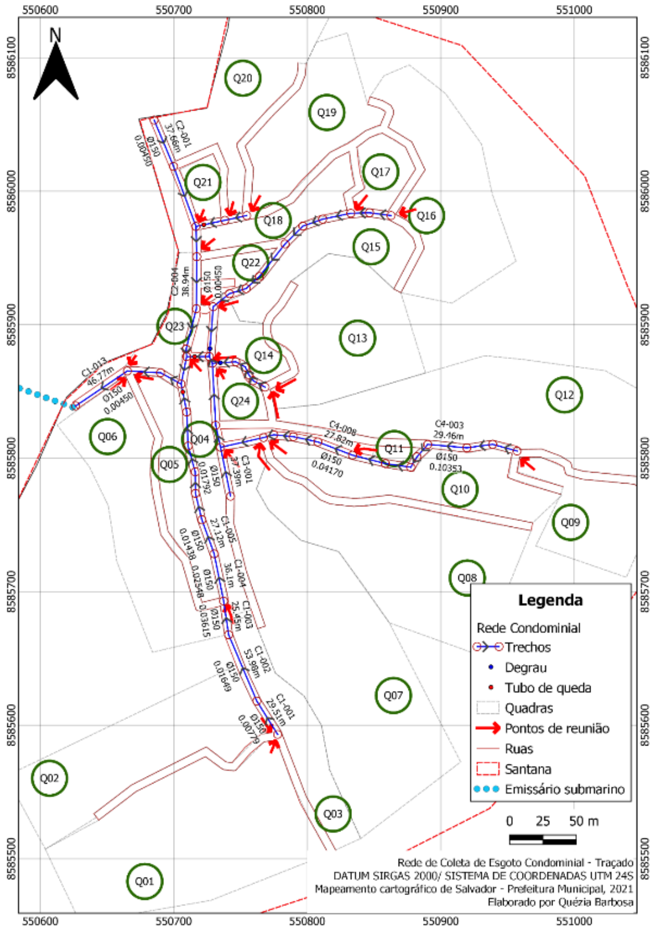


Figura 3. Traçado da rede de coleta de esgotos no modelo convencional.

O modelo convencional de rede de coleta de esgotos sanitários consiste na opção mais amplamente difundida no Brasil, tendo como principal característica a ligação individual de cada unidade habitacional à rede. Essa característica resulta em traçados com maiores extensões e profundidades, tornando os custos relativos à infraestrutura de escavação, escoramento de valas, assentamento das tubulações, pavimentação, maquinário e mão de obra mais onerosos. A extensão do traçado convencional e, por conseguinte, a quantidade de trechos e elementos de inspeções como poços de visita e caixas de inspeção (PVs e CIs) superam o dobro dos valores referentes ao sistema condominial.

Em ambos os traçados as profundidades dos trechos situaram-se abaixo do limite máximo adotado no projeto, dispensando a instalação de estações elevatórias. Entretanto, no modelo convencional alguns trechos apresentaram profundidades superiores, em torno de 2,94 m, quando comparados com o traçado condominial.

Para a concepção e implantação de uma rede de tipologia condominial para coleta de esgotos sanitários a participação da população é imprescindível, uma vez que parte-se do princípio que os indivíduos associados aos condomínios realizaram a manutenção nos ramais. Segundo Souza et al. (2019) essas características permitem alcançar custos de construção 30 a 65% inferior aos custos de implantação de redes convencionais.

Outro importante aspecto, tratando-se de comunidades insulares e socialmente vulneráveis como o povoado de Santana em ilha de Maré, Bahia, é que a participação dos usuários, converte os condomínios em unidades sociais de mobilização permanente e espaço democrático para decisões coletivas cujo resultado imediato é o empoderamento da comunidade. Destaca- se que a sustentabilidade técnica e econômica do sistema de esgotamento sanitário depende imprescindivelmente dessa participação popular esclarecida com apoio constante de técnicos especializados vinculados aos poder público municipal ou a empresa prestadora de serviços de saneamento da região.

A Tabela 1 mostra um resumo comparativo entre os aspectos construtivos relativos aos traçados da rede de coleta de esgotos do povoado de Santana.

	Sistema Convencional	**Sistema Condominial**
Extensão da rede (m)	2.936,11	1.213,13
Extensão de rede por habitante (m/hab.)	1,5	0,6
Profundidade mínima (m)	1,05	1,05
Profundidade máxima (m)	2,94	2,12
Quantidade de trechos	141	54
Quantidade de inspeções	142	55

Tabela 1 – Aspectos construtivos dos sistemas convencional e condominial.

Diante da limitação de área disponível para implantação de uma estação de tratamento de esgotos (ETE), optou-se por uma tecnologia cujo arranjo permitisse a concepção de unidades inseridas no traçado da rede coletora, como elementos constitutivos da mesma. Levando-se em consideração o potencial turístico do povoado de Santana, as premissas a serem atendidas consistiam na possibilidade de construção das unidades abaixo do nível do solo, com requisitos menores de profundidade, baixa produção de sólidos, intervalo razoável de retirada do lodo, eficiência na remoção de matéria orgânica e possibilidade de reaproveitamento dos subprodutos. Os reatores anaeróbios compartimentados (RAC) contemplam esses critérios e foram associados às unidades de tratamento primário (tanques de sedimentação), com o objetivo de remoção inicial de parte dos sólidos sedimentáveis. As dimensões da câmara dos tanques de sedimentação estão apresentadas na Tabela 2.

Largura útil (m)	L1	5,0
Comprimento útil (m)	C1	13,0
Profundidade útil (m)	H1	2,5
Volume (m³)	-	161,3

Tabela 2 - Resultados de dimensionamento dos tanques de sedimentação instalados a montante dos RAC

Considerando as eficiências de remoção de matéria orgânica medida como DQO e DBO nos tanques de sedimentação as concentrações afluentes aos RAC são respectivamente iguais a 480 g/m³ e 236 g/m³. A taxa de acumulo de lodo obtida foi de 0.0037 m³/g DQOremovida. Os sólidos retidos nessas unidades devem ser removidos periodicamente no intervalo de tempo de 18 meses a fim de não comprometer a eficiência do sistema.

Os cálculos de dimensionamento dos RAC resultaram nas dimensões mostradas na Tabela 3.

Largura útil (m)	L3	5,0
Comprimento útil de cada compartimento (m)	C2	1,3
Profundidade útil (m)	H2	2,5
Volume (m³)	-	103,1

Tabela 3– Dimensões dos Reatores Anaeróbios Compartimentados (RAC)

As concentrações obtidas de DQO e DBO na saída do tratamento secundário por meio do uso de reatores anaeróbios compartimentados foram iguais a 115.7 g/m³ e 36.2 g/m³. Considerando o arranjo tecnológico proposto para atendimento do povoado de Santana, estimam-se as eficiências de remoção de DQO e DBO iguais a 81% e 88%, respectivamente.

Portanto, devido à simplicidade construtiva e operacional e ao baixo requerimento de área, a associação dos tanques sépticos com reatores anaeróbios compartimentados pode ser considerado um arranjo são tecnológico de tratamento descentralizado de esgotos sanitários adequado para o atendimento do povoado de Santana na ilha de Maré, Bahia, Brasil. Na Figura 4 podem-se observar alguns detalhes construtivos dessas unidades.

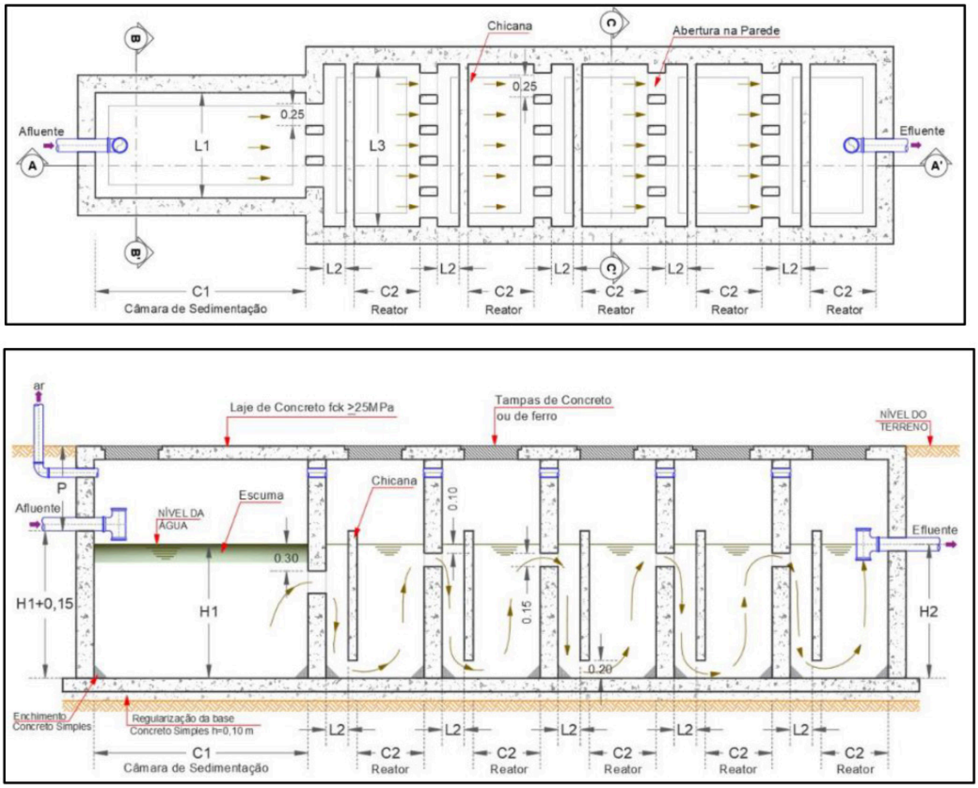


Figura 4. Planta e corte do sistema de tratamento de esgotos projetado para atender o povoado de Santana, Ilha de Maré, Bahia, Brasil.

A opção de disposição final do efluente tratado pelos mecanismos de infiltração do solo foi considerada inadequada em função do elevado nível do lençol freático na região e dos riscos de contaminação das fontes subterrâneas utilizadas como soluções individuais de abastecimento por parte da população. Diante do limite com a Baía de Todos os Santos à oeste da costa da ilha de Maré, o lançamento do efluente tratado no oceano apresenta-se como alternativa viável para o povoado de Santana. Entretanto, recomenda-se a realização de estudos de dispersão visando uma solução que minimize a geração de impactos ambientais negativos. Devido a possibilidade de poluição do ambiente marinho e comprometimento das atividades econômicas locais, deve ser implantado um rigoroso monitoramento ambiental da biota e sedimentos.

5 I CONCLUSÕES

O estudo de concepção de uma alternativa de coleta e tratamento de esgotos para atendimento do povoado de Santana, comunidade isolada localizada na ilha de Maré, Bahia, Brasil permitiu concluir que:

- A densidade populacional elevada, as características da ocupação desordenada e informal, além da topografia acidentada são fatores causais limitantes de área disponível para implantação de um sistema convencional de coleta e tratamento dos esgotos sanitários para atender o povoado de Santana.
- O sistema de coleta condominial dos esgotos demostrou- se mais atrativo sob o ponto de vista técnico com capacidade de atendimento dos domicílios de todas as quadras do povoado.
- A associação em série de tanques de sedimentação e reatores anaeróbios compartimentados apresentando as dimensões: largura útil de 5.0 m, comprimento útil total de 22.3 m e profundidade de implantação igual a 2.5m, mostrou-se adequada para atendimento do povoado de Santana. Esse arranjo tecnológico permite a construção do sistema abaixo do nível do solo, tendo em vista as limitações de áreas livres e os possíveis impactos à paisagem turística do local.
- Esperam-se eficiências de remoção de DQO e DBO de 81 e 88%, respectivamente. Esses valores são próximos aos obtidos nos sistemas convencionais de tratamento de esgotos sanitários que empregam tecnologias mais sofisticadas, a exemplo dos reatores UASB e filtros biológicos.
- A disposição final no oceano apresenta-se como uma possível alternativa de destino pós-tratamento do efluente tratado. Diante das eficiências de remoção de DQO e DBO nas unidades anteriores e do elevado potencial de autodepuração do oceano

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1986). **NBR 9649**. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro.

Brix, H., Koottatep, T., Laugesen, C.H. (2007). Wastewater treatment in tsunami affected areas of Thailand by constructed wetlands. **Water Science and Technology**, v. 56, n. 3, p. 69-74.

Chueiri, D.M.A, Fortunato, R.A. (2021) Turismo e esgoto domésticos na Ilha Grande (RJ): uma análise exploratória nas praias de Abraão e Aventureiro. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55-73.

Escudero, S. V. (2011). Urbanização (In) sustentável em Ilha de Maré: Estudo de Caso da vila de Santana. **Seminários Espaços Costeiros**, v. 1,2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sinopse por setores**. Disponível em:< https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st> (Acesso em: 29 mar.2021).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE**. Mapa de Solos da Folha SD.24 – Salvador, 2018. Disponível em:< https://visualizador.inde.gov.br/VisualizaCamada/1441>. (Acesso em: 29 set.2021).

Prefeitura Municipal do Salvador. **Sistema de Informação Municipal de Salvador (SIM)**, 2010. Disponível em:< http://www.sim.salvador.ba.gov.br/indicadores/> (Acesso em: 10 abr.2021).

Ragazzi, M., Catellani, R., Rada, E.C., Torretta, V., Valenzuela, X.S. (2016) Management of urban wastewater on one of the Galápagos islands. **Sustainability**, v. 8, n. 3, p. 208-226.

Rêgo, J. C. V. (2018). **Ilha de Maré vista de dentro**: um olhar a partir da comunidade de Bananeiras/ Salvador -Ba.327 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia (UFBA), Bahia.

Sasse, L. (1998). **DEWATS - Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Deli: Bremen Overseas Research and Development Association.

Souza, J.S.S.A., Sousa, A.B., Sales, L.N.O. (2019). Manutenção do sistema de esgoto condominial: Avaliação da sustentabilidadetécnico-econômica. In: **Anais eletrônicos do 30° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Disponível em: https://abesnacional.com.br/XP/XP- EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletosP DF/II-324.pdf. (Acesso em 01 de julho de 2022).

Tonetti, A. L., Brasil, A., Madrid, F., Figueiredo, I., Schneider, J., Cruz, I., Duarte, N. G., Fernandes, P. M., Coasaca, R. L., Garcia, R. S., Magalhães, T. M. (2018). **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas: Biblioteca/Unicamp.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DE ESTÁGIO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – PNRH NO ESTADO DE SANTA CATARINA, A LUZ DA LEGISLAÇÃO FRANCESA E DA POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Data de aceite: 03/07/2023

Carolina Gonçalves Mota
Mestranda em Saúde e Meio Ambiente pela Universidade da Região de Joinville, Joinville/SC
http://lattes.cnpq.br/5084367298715793

Therezinha Maria Novais de Oliveira
http://lattes.cnpq.br/8358410394755408

RESUMO: A Política Nacional de Recurso Hídricos - PNRH foi inspirada na legislação francesa e aprovada em 1997. Os seus regramentos tem por finalidade a gestão das águas no Brasil, visando, dentre outros, garantir o abastecimento das presentes e futuras gerações. Todavia, passados 25 anos de sua implementação, Estados da Federação têm enfrentado crises hídricas e eventos climáticos extremos, desencadeando impactos, que inclusive comprometem o seu próprio desenvolvimento econômico. O objetivo deste trabalho foi analisar o estágio da implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos no Estado de Santa Catarina, identificando possíveis lacunas e impactos para o desenvolvimento do Estado. Foi realizada pesquisa qualitativa de dados secundários obtidos das informações do Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas - Procomitês, disponibilizados no Relatório de Acompanhamento da Agência Nacional de Águas e Saneamento – ANA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatítica – IBGE, do Observatório da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina – FIESC, Sistema Nacional e Estadual de Recursos Hidricos, sendo todos os dados obtidos via web site e comparados com instrumentos legais e normativos em âmbito Federal e Estadual em vigor, disponíveis em web site específicos. Os resultados mostram que o Estado de Santa Catarina dividido em dez Regiões hidrográficas e 16 Comitês de Bacias não possui uniformidade no estágio de implementação dos instrumentos da PNRH entre os seus comitês e há incompatibilidade entre as Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Água, recursos hídricos, crise hídrica, política pública, instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos.

ANALYSIS OF THE STAGE OF IMPLEMENTATION OF THE INSTRUMENTS OF THE NATIONAL WATER RESOURCES POLICY IN THE STATE OF SANTA CATARINA, IN THE LIGHT OF FRENCH LEGISLATION AND THE STATE POLICY ON WATER

ABSTRACT: The National Water Resources Policy - PNRH was inspirided of french legislation and approved in 1997 and has the main purpose to manage water sources in Brazil, aiming, among others, to guarantee the water supply for present and future generations. However, 25 years past of its implementation, States of the Federation have faced water crises and extreme weather events, triggering impacts that also compromise their own economic development. This study aims to analyze the implementation progress of the instruments for the National Policy of Water Resources in the State of Santa Catarina, identifying possible gaps and impacts for the development of the State. A qualitative research was carried out on secondary data obtained from the National Program for the Strengthening of Hydrographic Basin Committees - Procommittees, provided by the monitoring report of the National Water and Sanitation Agency (Agência Nacional de Águas e Saneamento - ANA); by the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE; by the Observatory of the Federation of Industries of the State of Santa Catarina (Observatório da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina- FIESC) and National and State System of Water Resources (Sistema Nacional e Estadual de Recursos Hídricos). All data were obtained through websites and compared to current Federal and State legal and regulatory instruments, available on specific websites. The results show that the State of Santa Catarina was divided into ten hydrographic regions and has 16 watershed committee, which has no consistency in the implementation progress of the instruments PNRH. There was also an incompatibility between the National and State Water Resources Policies.
KEYWORDS: Water, water resources, water crisis, public water resources, management instruments.

INTRODUÇÃO

A exploração do recurso hídrico tem o limitador da quantidade e qualidade de água disponível somado ao ciclo hidrológico local, versus demanda de água necessária para atender aos diversos usos.

Inspirado na legislação francesa (FRANCE, 1992 e FRANCE, 1964), o Brasil aprovou em 1997, a sua Política Nacional dos Recursos Hídricos - PNRH, Lei n° 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Esta norma prevê a descentralização da gestão dos Recursos Hídricos para os Estados, estabelecendo a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas a fim de gerenciar os recursos hídricos de forma integrada e descentralizada com a participação da sociedade devendo se dar através de instrumentos específicos.

Os instrumentos de gestão previstos na PNRH são: Planos de Recursos Hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; cobrança pelo uso de recursos hídricos; compensação a municípios e a criação de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Apesar de existir previsão legal para gerenciar os recursos hídricos desde 1997, o Brasil ainda vem enfrentando estresses e crises hídricas, tornando as análises destes possíveis fatores causadores, necessárias e urgentes tanto para garantir o abastecimento da população em geral quanto para o uso pelo setor produtivo e a manutenção dos ecossistemas.

No que diz respeito à gestão de recursos hídricos, o Estado de Santa Catarina tem uma legislação estadual de gerenciamento de recursos hídricos, qual seja Lei nº 9748/1994 (SANTA CATARINA, 1994), que foi publicada 3 (três) anos antes da PNRH. Além disto, o Estado de Santa Catarina possui um plano estadual de gerenciamento de recursos hídricos (PERH), que foi aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) em assembleia do dia 23/11/2017 e publicado no Diário Oficial do Estado de Santa Catarina (DOE), nº 2677 em 15/12/2017 (SANTA CATARINA, 2017).

A escolha da análise comparativa com a lei francesa e brasileira não se deu por semelhanças territoriais, geográficas tampouco cultural entres os países. A escolha se deu porque a criação do modelo de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil foi inspirada no modelo francês. A análise comparativa se deu pela análise da legislação e atualização aplicável e de artigos científicos relacionados ao tema, com fim de encontrar convergências ou divergências entre os países em relação ao gerenciamento de recursos hídricos. As informações foram extraídas para uma planilha que se utilizou o software Microsoft Excel (2020) para posterior análise do conteúdo das tratativas previstas em cada norma.

Para identificar e analisar possíveis lacunas e incompatibilidades nas normas federais e estaduais que possam impactar na implementação dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos previstos na PNRH, foi realizada a análise comparativa quanto aos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos da Lei Federal Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei n° 9.433/1997 (BRASIL, 1997) e lei do estado de Santa Catarina, Lei n° 9.784/1994 (SANTA CATARINA, 1994).

Para a análise do estágio atual dos Comitês de Bacias Hidrográficas - CBH's existentes no Estado de Santa Catarina em relação a implementação dos instrumentos e ações de gestão de Recursos Hídricos previstas na Política Nacional de Recursos Hídricos se deu em referência aos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020, se deu por um estudo descritivo de uma pesquisa qualitativa, utilizando a base de dados do PROCOMITÊS - Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Considerando a relevância da economia do Estado de Santa Catarina para o país e a sua previsão de crescimento, a pesquisa tem por objetivos analisar o estágio atual da implementação dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos no Estado de Santa Catarina existentes na PNRH, a luz da legislação francesa da qual se originou e da política Estadual de recursos hídricos, identificar e analisar possíveis

lacunas e incompatibilidades nas normas federais e estaduais que possam impactar na implementação de gerenciamento de recursos hídricos, discutir a problemática dos recursos hídricos em Santa Catarina à luz das expectativas de desenvolvimento do Estado.

Para avaliar o possível impacto social e econômico, foram levantados os dados da economia de do Estado de Santa Catarina disponibilizados pelo site do Observatório Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina – FIESC ano de 2018, onde encontram-se indicadores do perfil do Estado em geral e de cada um dos municípios, descrevendo PIB, população e participação das atividades econômicas separado por cada setor que foi mapeado pelo FIESC quais sejam, indústria, agronegócio, serviços e administração (FIESC, 2018). Também foram levantados os dados do PIB (Produto Interno Bruto), PIB per capta, população, território e ambiente incluindo informações sobre esgotamento sanitário, abastecimento de água, atividades econômicas do Estado de Santa Catarina, projeção de crescimento, com dados comparativos de ranking no Estado e Brasil, obtidos pelo portal do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, disponível no site (IBGE, 2021).

Utilizando a base da ANA disponível no seu portal (ANA, 2021) foram utilizados os dados de distribuição de água para cada setor que foram confrontados com o PIB de cada setor produtivo no Estado de Santa Catarina conforme dados FIESC,2018, para comparar se o segmento que mais gera riqueza é o que mais consumo, vice-versa considerando o cenário atual.

Também foram utilizados os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2021) dos tipos de usos e volume consumido por cada uso no âmbito federal para identificar o percentual de uso de água para cada setor.

Posteriormente, utilizada a projeção do crescimento populacional disposto no site do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para o ano de 2020 e 2023 (IBGE, 2022) para identificar o aumento de demanda hídrica decorrente do crescimento populacional.

Adicionalmente, forma utilizados estudos da ANA do Atlas da Irrigação (SNIR, 2021) e Atlas Águas: Segurança Hídrica no Abastecimento Urbano (SNIR, 2021 1) para identificar fatores adicionais que possam desencadear aumento de demanda de recursos hídricos no âmbito nacional.

Foi utilizada a base do SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020) para levantar a quantidade de pessoas que não tem esgoto tratado e abastecimento de água em Santa Cataria e estudo do Instituto Trata Brasil (TRATA BRASIL, 2021) para compreender os benefícios para a saúde e população brasileira pela universalização de abastecimento de água e tratamento de esgoto, dois importantes usos da água para a população em geral.

a) Do histórico e contexto da legislação francesa sobre gerenciamento de recursos hídricos comparado com o contexto brasileiro e da análise comparativa e pontos importantes na gestão de recursos hídricos nas normas francesas e brasileiras

O primeiro conjunto de regras francesas em relação ao domínio e usos da água se deu pós-revolução Industrial, (em 1898) para que o desenvolvimento industrial estivesse compatível com os demais usos, tais como agricultura, garantindo que todos tivessem acesso ao recurso (BARRETA et al, 2012).

Posteriormente, diante dos riscos de epidemias de cólera e tifoide, a água passou a ter relação com a saúde pública, onde a Lei Francesa de 1902 (FRANÇA, 1902) passou a dispor da proteção de fontes de abastecimento público contra a poluição orgânica (Barreta, 2012)

Conforme Barreta ,2012 apud Peraldi, 2010, o sistema normativo francês relaciona a água com saneamento, distribuição e poluição e adota o direito romano, pós-revolução francesa, considerando a água como propriedade coletiva, afastando o entendimento feudal da água ser de propriedade dos senhores. Com isto, passou a ser adotado um modelo de gestão comum da água.

O instrumento normativo de gestão de recursos hídricos francês segundo Braga, et al, 2015, iniciou em 1921 pela Lei Rhône, cujo principal objetivo era a reabilitação do rio Rhône, desencadeando na Lei Francesa das Águas de 1964 (FRANCE, 1964), que prioritariamente tratou da poluição da água decorrente do crescimento industrial e populacional.

Segundo Barreta, 2012 apud Peraldi, 2010 após duas grandes guerras foi desencadeado no país um atraso na infraestrutura de saneamento no país e consequente aumento na poluição química e orgânica dos rios, o que motivou a criação da legislação da gestão da água francesa. Esta lei atendeu duas prioridades quais sejam a nova repartição de responsabilidades e investimentos pela exploração dos recursos hídricos seja pelo consumo ou poluição, criando o conceito de poluidor-pagador.

Posteriormente, a França atualizou da Lei das Águas em 1992 passando a instituir parâmetros do usuário poluidor que deve pagar pela poluição gerada e a água entendida e declarada como patrimônio da nação francesa. Além disto, segundo BARRETA et al, 2012, pela Lei 1992 da França se teve a instituição de instrumentos para a gestão das águas através de bacias hidrográficas, com planos elaboradas pelos Comitês, válidos de 10 a 15 anos. Isto se deu, entre outros, por influência do agravamento da poluição de origem agrícola menos visível e de fonte difusa, seca entre os anos 1989 e 1990 e a Diretiva Europeia de 1991 que dispôs sobre o tratamento das redes residuárias urbanas o que também desencadeou na atualização da Lei das Águas da França em 1992 (BARRETA et al, 2012).

Posteriormente, conforme Braga et al (2015), a nação francesa passou por longo processo de consulta pública para definir o roteiro legislativo do país em termos de ecologia e desenvolvimento sustentável, momento em que foi incorporada à temática do gerenciamento de recursos hídricos para a Lei do Meio Ambiente Granelle que resultou em 268 compromissos que serviram de base para a lei de planejamento hídrico, denominada por "Grenelle I" de 03/08/2009.

A participação popular em temas de meio ambiente é uma característica na França assim como na União Europeia e que na França estabelece o direito do público opinar em grandes obras do Estado através de audiências públicas (YAMAGUCHI, 2011 et al).

Segundo Ferreira, 2012 a França acatou em 2006 as suas políticas públicas internas, atualizando o seu Código de Águas diante da imposição do Bloco Econômico Europeu em 2000 obrigando para que até 2015 os países do bloco estivessem com os água em bom estado e no meio aquático, conforme Ferreira, 2012.

O Bloco Europeu trata com relevância a política ambiental, sendo que, conforme (YAMAGUCHI, 2011 et al), cujos princípios que se destacam são o de (a) precaução: devem ser antecipados e evitados danos ao ambiente desde o início, (b) origem: danificações devem ser combatidas especialmente na sua origem, (c) causador: quem causa danos é responsável pelo impedimento desde o início ou pelas eliminação dos danos causados, (d) integração: aspectos ambientais devem ser integrados a todas as demais políticas da União Europeia e nas políticas dos respectivos países integrantes do bloco.

Grandes ganhos da atualização da Lei das Águas francesa em 2006 foi reconhecer que todas as pessoas têm direito ao acesso à água potável, aumento dos poderes dos municípios em relação ao esgotamento sanitário, condutas para controle de poluição principalmente na agricultura pelo uso de agrotóxicos, dentre outros (BARRETA, 2012 et al).

Abaixo tem o quadro 01 comparativo sobre o contexto, em relação à de lei de águas na França e no Brasil que também prevê comparação da participação popular e imposição do bloco econômico.

Itens	França	Brasil
Ano - contexto para a criação da Lei das Águas	Lei de 1964 - Despoluição de rios desencadeada pelo crescimento populacional e industrial pós duas grandes guerras (preocupação em saneamento, esgotamento, limitação poluição)	1934 - Exploração da água priorizada para a exploração para a geração de energia elétrica para fomentar o desenvolvimento industrial pós crise mundial 1929
Participação popular no gerenciamento dos recursos hídricos	Atitude cultural da população e previsto em lei	Previsto em lei

Imposição do Bloco Econômico	A França faz parte do bloco econômico da União Europeia. A Lei de 2006 que atualizou o Código de Águas, incorporou as exigências e princípios da Comunidade Europeia de 2000, tais como fixar o ano de 2015 para que os países membros restabeleça o bom estado das águas e do meio aquático. Na legislação vigente, prevê, dentre outros, estabelecer uma política comunitária no domínio da água (Código Ambiental artigo L211-3, 5° b, FRANCE, 2022)	O Brasil faz parte do bloco econômico do Mercosul. Em 1991 o Tratado de Assunção previu o Acordo Ambiental no Mercosul, em que dispõe que as transações comerciais devem incluir os custos ambientais engendrados nas etapas produtivas sem transferi-los às gerações futuras ,sem prever métrica. A "Carta de Foz do Iguaçu" dispõe que o manancial do Iguaçu seja declarado bem público do povo de cada Estado soberano onde se localiza e que seja protegido pelos governos e populações para que possam, estratégica e racionalmente, auferir os benefícios comuns, indispensáveis para a sobrevivência futura. 2010 - foi assinado o Acordo sobre o Aquífero Guarani, entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Sem previsão em normas federais relacionando previsão do Mercosul.

Quadro 01 - Quadro comparativo do contexto previsão lei de águas na França e no Brasil

Fonte: Elaborado pela autora, 2022 da análise das disposições legais.

Apesar da legislação brasileira ter se inspirado na francesa, o contexto e foco para a criação das Leis das Águas no Brasil é diferente do contexto da França. Enquanto o Brasil estava buscando o uso da água para determinado fim qual seja a geração de energia elétrica para incentivar o seu processo de industrialização, a França, que já havia passado pelo processo de industrialização utilizando outros meios de geração de energia, busca mecanismos para diminuir o impacto da industrialização. Mediante constatação da perda da qualidade da água, poluição, impactando a saúde, o seu foco estava voltado para o saneamento, despoluição e melhoria na qualidade.

Apesar de ambos os países preverem regulamentação sobre a participação popular, somente na França que isto é uma característica cultural do país. Ambos os países têm imposição de blocos econômicos sobre o tema. Todavia, somente o bloco que a França pertence apresenta metas e prazos mais delimitados para serem cumpridos pelos países em relação aos recursos hídricos.

No quadro 2 é disposta a comparação de previsão legal francesa e brasileira em ralação aos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos e contexto histórico.

Itens	França	Brasil
Ano - Disposição sobre gerenciamento de recursos hídricos	1992 - Instituição de instrumentos para a gestão das águas, gerenciamento de forma descentralizada na escala das seis grandes bacias hidrográficas, elaborada pelo Comitê e na escala das sub-bacias hidrográficas, a ser elaborado por uma Comissão Local da Água, prevê conceito de poluidor pagador, instrumentos financeiros de incentivo, previsão de órgão executivo para cada bacia (Agências de Águas), valorização da água como recurso econômico.	1997 - Criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; dispõe sobre instrumentos e diretrizes para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; gestão integrada das águas por bacias hidrográficas e Comitês de Bacia de forma descentralizada, possibilidade de pagamento pelo uso da água conforme viabilidade financeira, previsão de órgão executivo para cada bacia (Agências de Águas), valorização da água como recurso econômico.
Comitês de Bacia	Deve ser consultado sobre a adequação do trabalho e o desenvolvimento de interesses comuns na área sob sua jurisdição, bem como sobre litígios entre comunidades ou grupos interessadas, sobre todos os assuntos relacionadas às águas; soluções dos conflitos que na norma Francesa são solucionados unicamente pelos comitês. A composição dos Comitês que deve se dar por representantes de diferentes categorias de usuários e pessoas competentes, representantes designados pelas comunidades locais e representantes administrativos (artigo L212-4, FRANCE, 2020) A gestão descentralizada ao nível das grandes bacias hidrográficas, possui papel consultivo.	Deve ser consultado sobre a adequação do trabalho e o desenvolvimento de interesses comuns na área sob sua jurisdição, bem como sobre litígios entre comunidades ou grupos interessadas, sobre todos os assuntos relacionadas às águas. Os Comitês fazem o papel de dirimir conflitos tão somente na primeira instância passível de ser submetido aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou até ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos. A composição dos Comitês que deve se dar por representantes de diferentes categorias de usuários e pessoas competentes, representantes designados pelas comunidades locais e representantes administrativos. A gestão descentralizada ao nível das grandes bacias hidrográficas, possui papel consultivo.
Agência de Águas	Denominada Agência Financiadora deve realizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências, acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação e analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso. Criação da Agência, uma ferramenta com autonomia financeira, encarregada de facilitar as diversas ações de interesse comum à bacia	Denominadas Agências de Bacias/ de Águas que exercem função de secretaria executiva do respectivo Comitê de Bacias e podem elaborar a sua proposta orçamentária, com viabilidade financeira, mas deve submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia. Comitês e Bacias se complementam.

Cobrança uso da água	No artigo L213.10.9 (FRANCE,2022) que a agência de águas estabelece e cobra uso de pessoas públicas ou privadas, sendo que a base e a taxa são fixados com o consentimento do comitê da bacia seguindo as métricas do Código ambiental (FRANCE,2022), envolvendo a distribuição de água, preço da água, o valor equivalente determinado pela agência e com base nas quantidades de água faturada. Quaisquer pagamentos em excesso serão transferidos pela agência para o município ou grupo de municípios a serem alocados ao orçamento de saneamento. O plano diretor de desenvolvimento e gestão da água indica como os usuários arcam com os custos relacionados ao uso da água, distinguindo pelo menos entre o setor industrial, o setor agrícola e os usos domésticos (artigo 212-1, VIII Código Ambiental FRANCE 2022). Há previsão de taxa de despoluição no Artigo L213-10-1 e cobrança por poluição conforme tabela no artigo L213-10-2 e L 213-10-3 do Código Ambiental FRANCE 2022, cobrança taxa de poluição difusa para atividade rural L213-10-8, devido à sua toxidade Adicionalmente, há previsão de cobrança de taxa de saneamento L2224-12-3 (do Código Geral das Autarquias Locais) além de hipótese de cobrança de taxa de modernização das redes coletoras L 213-10-6 do Código Ambiental FRANCE 2022. Há previsão de taxa de captação de água (artigo L213-10-9 Código Ambiental FRANCE 2022), conforme volume retirado durante um ano. Destaque cobrança para irrigação, abastecimento, resfriamento industrial, fornecimento de um canal e outros de fim econômico. Há previsão de taxa por armazenamento de água (L 213-10-10, Código Ambiental), proteção ambiente aquático para a pesca Artigo L213-10-12, Código Ambiental, FRANCE 2022. As cobranças por taxas estão previstas em lei com tabela e respectivo percentual.	Há previsão de royalties quanto ao uso para geração de energia. Além disto, as diretrizes de cobrança para os usos da águas são previstas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos e o Comitê sugere os valores a serem cobrados, sendo que a cobrança também se dá por meio de agência de águas. A cobrança pelo uso da água no Brasil depende da criação das Agências de Águas passível de ser cobrado quando existir viabilidade econômica, aplicável para quem é passível de outorga, seja em relação à lançamento e à captação, sem prever a análise de nível de poluição como base para a cobrança. A previsão de poluição disposto nas resoluções CONAMA 430 e 357 relacionam para controle de passível de multa/embargo pelo descumprimento. A previsão legal é ampla quanto às possibilidades de cobranças, podendo se dar para diversos usos, mas não há previsão de tabela com taxas e percentuais para a cobrança.

Aplicação dos recursos arrecadados	A norma francesa (FRANÇA, 2022) prevê que o montante total das taxas cobradas por cada agência é determinado de acordo com as despesas que lhe incumbem no âmbito de um programa de intervenção plurianual elaborado de acordo com as diretrizes do plano de desenvolvimento econômico e social, como anexo à lei que o aprova. Este valor se baseia num relatório financeiro sobre as atividades das agências da bacia, mostrando as receitas e despesas alcançadas no âmbito deste programa e suas possíveis modificações, é anexado anualmente à fatura financeira.	No Brasil, a cobrança se dá independente das despesas para tratamento da água ou de efluente, sendo relacionada às características do volume captado e lançado, cujo valor será aplicado para o financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos e no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Os royalties da geração da energia são distribuídos entre municípios e Estado afetados, além de ministérios da União.
Planos de “gestão das águas”	O sistema francês prevê que deve se dar por planos diretores, inspirados na legislação urbanística, que estão previstos no Schémas Directeurs d’Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), na escala das grandes bacias hidrográficas e de Schémas d’Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), na escala das bacias de pequeno porte (BOHN, 2008 et al). No artigo L212-1,II, 3° prevê prazo para até 31/12/2027 para incluir recursos estratégicos para o abastecimento de água potável atual ou futuro bem como medidas de proteção para preservação de recursos hídricos estratégicos, em especial, à produção de alimentos e para geração de eletricidade (L212-1, III Código Ambiental, FRANCE 2022), com Finalidade de garantir qualidade e quantidade de água. Prevê programa plurianual que deve ser atualizado com participação popular e aprovação do Comitê de Bacias (artigo 212-2-1Código Ambiental, FRANCE 2022)	No Brasil, os planos têm 3(três) esferas, quais sejam são nacionais, estadual e de bacias hidrográficas (BOHN, 2008 et al). Tem por finalidade garantir acesso à água de qualidade e quantidade suficiente para atender os usos da respectiva bacia hidrográfica para as necessidades da geração presente e futura. Para a elaboração do Plano é necessário o enquadramento dos cursos d’água. A participação limita-se ao Comitê.
Autorização uso	Autorização para captação de água. ou subterrâneo, recuperado ou não, modificação do nível ou modo de escoamento da água, destruição de locais de desova, áreas de crescimento ou alimentação da ictiofauna ou derrames, escoamentos, descargas ou depósitos diretos ou indiretos, crônicos ou episódicos, mesmo não -poluente (artigo L214-1, Código Ambiental, FRANCE 2022)	O artigo 11 e seguintes da PNRH (BRASIL, 1997) prevê emissão de outorga decorrente da derivação ou captação de parcela da água, extração de água do aquífero, lançamento em corpo de água, aproveitamento dos potenciais hidrelétricos, outros usos que alterem o regime, a quantidade e ou qualidade dá água existente.
Compensação aos municípios	A cobrança é voltada para as bacias e sub-bacias, não aos municípios, relacionadas às despesas diretas para o gerenciamento de recursos hídricos.	A compensação é aplicada relacionada aos royalties do uso da água para a geração de energia elétrica não necessariamente voltada para a gestão de recursos hídricos.

Quadro 02: Quadro resumo contexto legislação de águas e disposição sobre instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos Brasil X França.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022 da análise das disposições legais.

Por mais que a estrutura normativa de gerenciamento de recursos hídricos francesa seja inspiradora, os contextos, atividades econômicas, realidade de ambos os países são diferentes o que desencadeia em modelos de gestão voltados para preocupações de qualidade (França) e quantidade (Brasil).

b) Identificação de possíveis lacunas e incompatibilidades nas normas federais e estaduais que possam impactar na implementação dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos previstos na PNRH.

A Política Estadual de Recursos Hídricos estadual (SANTA CATARINA, 1994) foi criada 3 anos antes da federal e é dividida por capítulos para dispor de cada tema relacionada à Política Estadual de Recursos Hídricos. O único instrumento de gerenciamento de recursos hídricos previsto na Política Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina consta no seu capítulo II que é a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. A cobrança do uso de Recursos Hídricos é prevista dentro do capítulo "infrações e penalidades", fora do capítulo dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos. Da mesma forma, os Planos de Bacias Hidrográficas constam no Capítulo IV do Planejamento dos Recursos Hídricos. O Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Enquadramento dos usos e Compensações dos municípios são mencionados na norma apenas nas diretrizes iniciais gerais, mas não como instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Já a PNRH (BRASIL, 1997) tem no seu capítulo IV previstos os instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos, quais sejam os Planos de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Após a legislação federal, o Estado de Santa Catarina não passou por adequação da lei desencadeando previsões incompatíveis, conforme demonstrado no quadro 3. A incompatibilidade das normas pode gerar conflito de entendimento sobre quais instrumentos devem ser implementados pelo Estados de Santa Catarina e eventualmente influenciar na gestão pública estadual em relação aos recursos hídricos em eventual não implementação dos demais instrumentos por não estarem prevista na lei estadual.

Instrumentos	Tópicos	Política Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina	Política Nacional de Recursos Hídricos
Dos instrumentos em geral	Considerações gerais	Prevê como instrumento de gerenciamento de recursos hídricos a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Apesar de dispor regulamentação sobre a cobrança pela utilização dos Recursos Hídricos, plano estadual de recursos hídricos, planos de bacias hidrográficas, implementação de mecanismos para a implementação dos Sistema de Informações sobre Recursos hídricos, compensação a municípios, não está no rol dos instrumentos.	Prevê instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos outorga de usos dos recursos hídricos, Plano de Recursos Hídricos, Enquadramento dos Corpos de Água em Classes, Cobrança dos usos de recursos hídricos, Compensação municipal, Cobrança pelo uso de recursos hídricos.
Outorga	Competência	Aplicável para qualquer empreendimento e atividade que altere as condições qualitativas ou quantitativas das águas superficiais ou subterrâneas, deverá se dar através perante a Fundação do Meio Ambiente – FATMA que é o órgão gestor dos recursos hídricos e competente para fiscalizar os usos dos recursos hídricos (artigo 5° da Lei Estadual n° 9022/1993).	A competência para a emissão de outorgas os direitos de uso de recursos hídricos, regulamentar e fiscalizar os seus usos compete aos Poderes Executivos Estaduais e do Distrito Federal (artigo 30 da Lei 9.433/1997). A exceção se dá para a outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, que estará subordinada ao Plano Nacional de Recursos Hídricos devendo observar a legislação do setor energético.
	Critérios de outorga	A Lei estadual prevê no artigo 4º que a implantação de qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas ou qualitativas das águas superficiais ou subterrâneas. A dispensa da outorga se dá aos usos de caráter individual para a satisfação das necessidades básicas da vida. Não dispõe sobre detalhamento sobre emissão de outorga.	Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso (artigo 35, X, da PNRH). Aos Comitês compete propor as acumulações derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes, conforme artigo 38, V, da PNRH.

Outorga	Sanção	Multa no valor de 100 a 200 vezes o valor nominal da UFR/SC quando infração leve; 200 a 500 vezes do mesmo valor nas infrações graves e de 500 a 1000 vezes do mesmo valor nas infrações gravíssimas, sendo que a classificação da infração se dará mediante observância das circunstâncias atenuantes e agravantes. Além da multa, é passível de perda ou suspensão em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito do Governo do Estado, perda ou restrição de incentivo e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público Estadual (artigo 8º).	As sanções aplicáveis vão desde advertência com abertura de prazo para correção de irregularidades, como multa simples ou diária proporcional à gravidade, de R$100,00 a R$50.000.000,00. Adicionalmente é passível de embargo provisório por prazo indeterminado ou definitivo com revogação da outorga, a depender do caso fático (artigo 49).
	Sistema integrado	Implantação do sistema integrado de outorga do uso da água, devidamente compatibilizado com sistemas correlacionados de licenciamento ambiental, abrangendo os usos existentes, os quais deverão adequar mediante a expedição das respectivas outorgas (artigo 37, II). Sistema ainda não operante.	Sem previsão expressa sobre integração dos sistemas. Existência de previsão na Lei Complementar 140/2011 e Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção meio ambiente. A atuação subsidiária e supletiva entre os entes deve se dar tanto quanto à disponibilização de documentos e informações para a gestão quanto para a fiscalização. Todavia, carece de uma atuação compartilhada dos diversos órgãos para a efetiva proteção do recurso natural.
Planos de Bacia	Competência	Artigo 27: compete aos Comitês de Bacia elaborar, aprovar e acompanhar o cumprimento das metas dos Planos de Bacia.	Artigo 44 e 38 compete aos Comitês apenas a aprovação do Plano e o acompanhamento do cumprimento das ações. A elaboração do plano compete às agências de águas cuja atribuição é passível de delegação conforme Lei 10.881/2004 e Resolução CERH nº 20 de 23/04/2018.

Planos de Bacia	Critérios Plano	Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos e tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Artigo 14: nos Planos devem constar a condução prática dos objetivos da Política Estadual de Recursos Hídricos em metas a serem alcançadas em prazos definidos; dar a ênfase nos aspectos quantitativos e qualitativos da água; o inventário das disponibilidades hídricas, seus usos atuais e futuros, ressaltando os conflitos resultantes; a definição e as análises pormenorizadas das áreas críticas, atuais e potenciais; as diretrizes para à outorga do uso da água, que considerem a aleatoriedade das projeções dos usos e das disponibilidades da água; os programas de desenvolvimento nos municípios.	Artigo 7: ° os Planos de Recursos Hídricos devem constar: I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;VI - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; VII - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;VIII - propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.
	Ausência remessa valores sem plano de recursos hídricos	Artigo 36: As aplicações dos recursos financeiros do FEHIDRO deverão ser orientadas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, compatibilizadas com a Lei de Diretrizes Orçamentárias, com o Plano Plurianual de Investimento e com o Orçamento do Estado.	Sem disposição.

Enquadramento	Competência	Compete aos Comitês de Bacia propor ao órgão competente o enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica em classes de uso e conservação, sem divergir com a lei federal. Resolução 001/2008 prevê enquadramento conforme Resolução CONAMA 357/2008 e 396/2008. Resolução CNRH 91/2008 prevê que enquadramento se dá por processo participativo com a elaboração de 1) diagnóstico da bacia; (2) prognóstico da bacia; (3) proposta de metas relativas às alternativas de enquadramento; (4) análises e deliberações do comitê da bacia e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos; e (5) implementação do programa para efetivação	Artigo 9°: deverão considerar os usos preponderantes da água para assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. A competência para a propositura do enquadramento é da Agências das águas para encaminhar o respectivo Conselho Nacional ou Estaduais de Recursos Hídricos para a aprovação. Adicionalmente, prevê que as classes serão estabelecidas pela legislação ambiental. Não são detalhados critérios para a definição do enquadramento, no âmbito federal existem as Resolução CONAMA 357/2008 e 396/2008.
	Sujeito de cobrança	Artigo 11: é passível de cobrança o uso dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, segundo as peculiaridades das bacias hidrográficas, na forma a ser estabelecida pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH. A cobrança está relacionada à outorga e há divergência entre as normas estadual e federal quanto à dispensa, consequentemente há divergência de entendimento de quem estaria dispensado da cobrança. A lei estadual prevê que a dispensa da outorga se dá aos usos de caráter individual para a satisfação das necessidades básicas da vida.	Artigo 20: serão cobrados os usos de recursos hídricos para aqueles sujeitos a outorga. A cobrança está relacionada à outorga e há divergência entre as normas estadual e federal quanto à dispensa, consequentemente há divergência de entendimento de quem estaria dispensado da cobrança. Dispensa de outorga para o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes

Enquadramento	Critérios da cobrança	Artigo 11: a cobrança deve obedecer os seguintes critérios: I - a cobrança pela utilização considerará a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água onde se localize o uso, a disponibilidade hídrica local, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão captada em seu regime de variação, o consumo efetivo e a finalidade a que se destine; II - a cobrança pela diluição, transporte e assimilação de efluentes de sistemas de esgotos e de outros líquidos, de qualquer natureza, considerará a classe de uso em que estiver enquadrado o corpo d'água receptor, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a carga lançada e seu regime de variação, ponderando-se, dentre outros, os parâmetros orgânicos físico-químicos dos efluentes e a natureza da atividade responsável pelos mesmos. Quanto ao lançamento dos efluentes, é previsto que os responsáveis pelos lançamentos não ficam desobrigados pelo cumprimento das normas e padrões legais, relativos ao controle de poluição das águas.	Artigo 21: da fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros: I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação, II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente. Há **divergência** entre as normas pois a lei estadual considera critérios adicionais para o cálculo da cobrança da captação e lançamento. Estudo sobre viabilidade financeira da cobrança e sugestão de proposta de cobrança se dará pelo Comitê de Bacias. Artigo 35: Critérios para a cobrança dos direitos de uso compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
	Agente da cobrança	Sem previsão de criação de Agências de água. Resolução CERH 20/2018 estabelece diretrizes gerais para a instituição e funcionamento de entidades executivas enquanto não forem criadas as Agências de Águas	Artigo 44: Cobrança deve se dar pela Agência de Águas que é criada mediante a autorização do Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos seguindo solicitação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica. Lei nº 10.881/2004 prevê a delegação de todas as competências das Agências de Águas, com exceção da prevista no seu inciso III, qual seja de efetuar a cobrança pelo uso de recursos hídricos, atualmente não há ente compete para a cobrança.

Compensação entre Municípios	Considerações gerais	Artigo 3°: Compensação se dará conforme a previsão nacional qual seja, mediante compensação de recursos oriundos da exploração de potenciais hídricos, conforme legislação federal, através de apoio aos municípios afetados por áreas de proteção ambiental especial. Adicionalmente, prevista a possibilidade de compensação decorrente de inundações por reservatórios, para proporcionar o desenvolvimento dos municípios afetados. Sobre este instrumento, não há divergência entre as normas, atuando de forma complementar	Cobrança pelo uso da água para aproveitamento hidroelétrico, a compensação passou a ser prevista pela Lei 7.990/1989 (BRASIL, 1989) com as respectivas normas do percentual de cobrança e distribuição entre os entes. Sobre os demais tipos de uso, a norma federal não tem previsão
Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	Considerações gerais	Artigo 37: sistema de informações hidrometereológicas e de cadastro de usuários de águas para, inclusive, dispor sobre cobrança pelo uso de água. Prevista a implantação de sistema integrado de outorga dos usos da água sendo compatível com os sistemas correlacionados de licenciamento ambiental, compatibilizando ambas as políticas de natureza ambiental. Todavia, na prática, não há publicidade das informações de outorga e falta de integração da política de recursos hídricos com o licenciamento ambiental.	Artigo 27: Objetivo de reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos. A sua implementação e funcionamento compete ao Poder Executivo Federal que promove a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. Sistema compete aos respectivos poderes executivos conforme sua esfera de competência. No âmbito federal é gerido pela ANA.

Quadro 03: Quadro comparativo entre a Política Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina e Política Nacional de Recursos Hídricos no que se refere aos instrumentos de gestão de recursos hídricos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022 da análise das disposições legais

c) Diagnóstico do estágio de implementação da PNRH no Estado de Santa Catarina

A análise do diagnóstico de estágio de implementação da PNRH no Estado de Santa Catarina se deu analisando as informações referente aos exercícios de 2017, 2018, 2019 e 2020 dos CBH's que aderiram ao PROCOMITÊS no Estado de Santa Catarina, cujos relatórios foram disponibilizados nas páginas do PROCOMITÊS e da ANA, conforme PROCOMITÊS, 2019 e dados dispostos no anexo. O PROCOMITÊS não considera todos os instrumentos da PNRH para a estipulação de metas para a implementação, estando ausentes os instrumentos de acompanhamento da outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e compensação a municípios. Com isto, o estágio de implementação de tais instrumentos não serão analisados neste estudo tendo em vista da ausência de acesso a tais informações.

Apesar de não constar no PROCOMITÊS, o cadastro de usuários de águas e outorgas são essenciais para o sistema de informações sobre os Recursos Hídricos e complementa a implementação dos demais instrumentos de gestão de recursos hídricos assim como a própria compensação aos municípios. As outorgas devem ser expedidas com uso compatível com os respectivos Planos Hídricos. Com isto, a ausência das informações da outorga compromete a qualidade da implantação dos instrumentos de Sistema Nacional de Recursos Hídricos e Planos Hídricos pois tais informações deveriam complementar os demais instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos.

Referente aos itens analisados pelo do PROCOMITÊS, a avaliação dada é de 1, para atendimento total, 0, 5 para parcial e 0 para não ter atendido a meta. No entanto, quanto à validade dos instrumentos tais como o Plano de Recursos hídricos a avaliação do PROCOMITÊS não observou tal situação na sua totalidade na aplicação da nota, sendo que apesar de existir Planos desatualizados, não constaram tais informações o levantamento do PROCOMITÊS. Outro aspecto que se verifica é que em alguns itens, com o passar do tempo e com maior compreensão das informações que devem ser reportadas ao PROCOMITÊS, alguns Comitês "recuaram" no atingimento das metas, como se estivessem regredindo na implementação dos instrumentos. Não há de se falar de regressão das práticas e sim mais qualidade nas informações reportadas.

Todavia, como o objetivo deste tópico não é analisar a implementação, critério da análise e sim os dados sobre a implementação dos instrumentos disponíveis pelo PROCOMITÊS a análise se limitará às informações disponíveis por eles.

Da análise geral dos relatórios de desempenho de metas do PROCOMITÊS, verifica-se que há diferença na composição dos Comitês, nos níveis de implementação dos instrumentos, na quantidade e qualidade dos dados fornecidos sendo que os comitês mais estruturados com trabalhos de comunicação, apresentam maior diversidade e participação.

A figura 01 retrata os dados da Implementação do Plano de Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020

conforme informações disponíveis do PROCOMITÊS, onde verifica-se que no ano de 2017 constavam 8 CBH's com Planos, quais sejam os CGH do Rio Aranguá, Camboriu, Cubatão e Cachoeira (atual Babitonga), rio Itajaí, Rio Itapocu, Rio Jacutinga, Rio Tijucas, Rio Timbó, Rio Tubarão e Complexo Lagunar e Rios Chapecó e Irani.

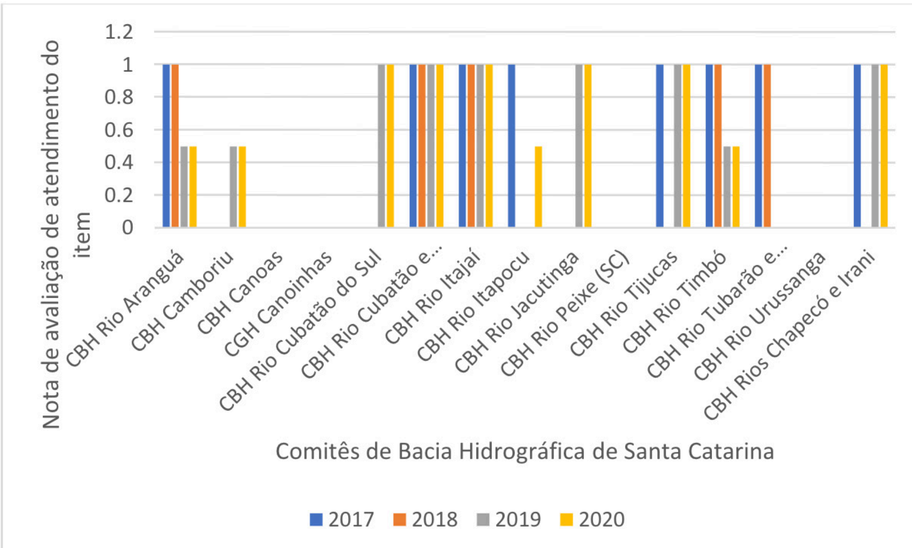


Figura 01: da implementação do Plano de Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A falta de implementação do instrumento Plano de Recursos Hídricos assim como a observância do prazo previsto em lei da atualização compromete o gerenciamento dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica pois são planos diretores que visam orientar a implantação da PNRH. Ademais, por se interrelacionar com os demais instrumentos, ao definir as prioridades de outorgas de uso dos recursos hídricos, base de dados para o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, propõe enquadramento dos cursos d'água em classes de uso e define diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a sua ausência e/ou desatualização pode trazer efeitos no gerenciamento de recursos hídricos. Desta forma, a atualização dos Planos de Bacias e elaboração de novos Planos de Bacia se faz necessária para atender os novos anseios e necessidades atuais, para que os usos dos recursos hídricos sejam adequados para a geração presente bem como garantindo recursos para as gerações futuras.

Quanto ao enquadramento em classes segundo uso, conforme os dados disponibilizados pelo PROCOMITÊS há distinção entre enquadramento aprovado vigente e em proposta (ainda não vigente). Os que estão "em proposta" tem o respectivo estudo para a atualização ou para a criação. De toda forma, a pontuação para o enquadramento

aprovado e vigente é total, 1, em proposta (revisão) é atendimento parcial, pontuação 0, 5, e não vigente sem atendimento, pontuação 0. Neste sentido, no gráfico 2 retrata a Implementação do Enquadramento dos rios em classes segundo usos dos Recursos Hídricos dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020.

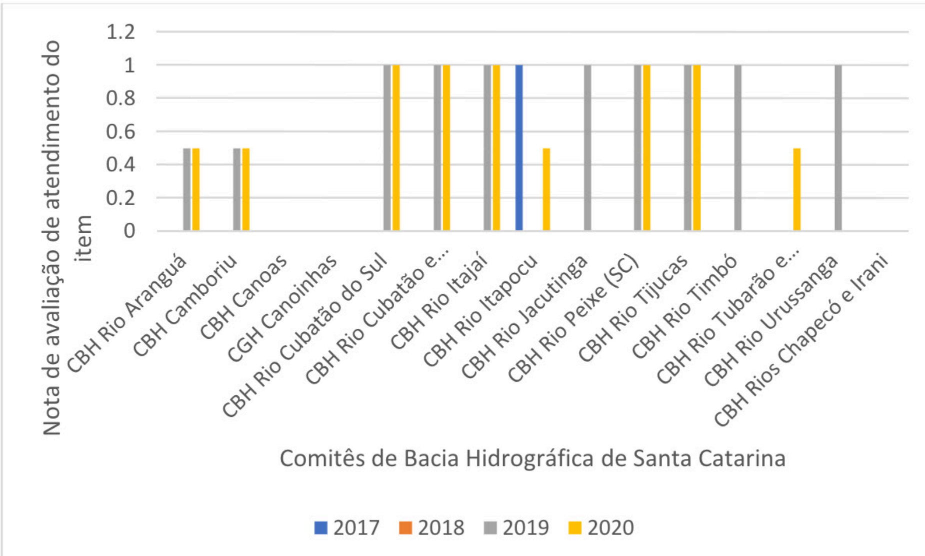


Figura 02: Implementação do Enquadramento dos usos dos Recursos Hídricos dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Em 2020, 5 CBH's constaram ter enquadramento total, quais sejam rio Cubatão do Sul, Rio Cubatão e Cachoeira (atual Babitonga), Rio Itajaí, Rio Peixe, Rio Tijucas e 3parcial em revisão, Rio Aranguá, Camboriu, Rio Itapocu, Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Do total dos CBH's, 7 não tem enquadramento. Com isto, pela análise das informações disponibilizadas via PROCOMITÊS, os 8 CBH's que tem enquadramento total ou parcial em 2020, estão baseadas em legislação obsoleta por não terem sido realizado conforme a legislação vigente o que é passível de não atingir a finalidade que se espera do instrumento previsto na PNRH. O instrumento de enquadramento de curso hídrico se dá segundo os usos preponderantes da água, com finalidade de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997). A ausência da implementação deste instrumento desencadeia impacto direto em qualidade e quantidade da água.

Quanto ao instrumento da aprovação de Cobrança pelos usos dos Recursos Hídricos dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020 nenhum dos Comitês tiveram a implementação deste instrumento.

A Cobrança de pelo uso de recursos tem finalidade de reconhecer o valor econômico da água, incentivar o uso racional do bem e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contempladas nos planos de recursos hídricos (BRASIL, 1997). O Estado de Santa Catarina ainda não tem agência de águas para oportunizar a cobrança pelos usos, atendendo o previsto na PNRH (BRASIL, 1997). Ademais, a legislação federal e a estadual não seguem o modelo francês em relação à cobrança diferenciada pelo uso, tais como descontos para quem melhora a qualidade da água, cobrança de valor correspondente às obras para a coleta e tratamento da água e para todo e qualquer uso que afete a qualidade e quantidade da água, não somente pelo uso hidroelétrico que é o que acontece de fato. Pela PNRH (BRASIL, 1997), a cobrança somente se dará mediante identificação no estudo de viabilidade de cobrança pelos usos dos recursos hídricos e respectiva aprovação.

Neste sentido, ao acompanhar a realização de estudo de viabilidade de cobrança pelos usos dos recursos hídricos, a Figura 03 dispõe os dados de Estudo de Cobrança pelos usos dos Recursos Hídricos dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020, se observa que somente 2 CBH's caminharam com a elaboração de estudo para cobrança, quais sejam o Rio Aranguá e o Rio Tijucas nos anos de 2019 e 2020, conforme Figura 03 sobre o estudo de Cobrança pelos usos dos Recursos Hídricos dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020.



Figura 03: Estudo de Cobrança pelos usos dos Recursos Hídricos dos CBH's de Santa Catarina, nos exercícios 2017, 2018, 2019 e 2020.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Diante da ausência da cobrança, fica prejudicada a percepção do usuário dos recursos hídricos em relação aos objetivos deste instituto quais sejam de I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II - incentivar a racionalização do uso da água; III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos, previsto no artigo 19 da PNRH.

Os resultados obtidos sobre a implementação dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos no Estado de Santa Catarina em si, considerando o exercício de 2020, a implementação é baixa, conforme Tabela 1 que demonstra o Resumo de implementação dos instrumentos de recursos hídricos do Estado de Santa Catarina, considerando os dados de 2020.

INSTRUMENTOS PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS PREVISTOS NA PNRH (BRASIL, 1997)	PERCENTUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE CADA INSTRUMENTO PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS PREVISTOS NA PNRH (BRASIL, 1997)
Cobrança Aprovada	0%
Estudo de Cobrança	13%
Enquadramento aprovado	46, 66%
Plano de Recursos Hídricos (inclui vencidos não identificados pelo PROCOMITÊS)	53, 33%

Tabela 1: Resumo implementação dos instrumentos de recursos hídricos Estado de Santa Catarina, 2020.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Pelos dados obtidos pelo PROCOMITÊS foi identificado que nenhuma Bacia Hidrográfica no Estado de Santa Catarina tem cobrança aprovada e implementada e 13% já possui estudo de cobrança. Quanto ao enquadramento aprovado e implementados, conforme aproximadamente 43,6% dos CBH's possuem o enquadramento. Todavia, não é possível afirmar que os enquadramentos aprovados e implementados estão seguindo aos critérios previstos na PNRH e legislação atual estadual para a elaboração deles. Quanto aos Planos de Recursos Hídricos, 53, 3% deles estão apontadas pelo PROCOMITÊS como vigentes e implementados. Todavia, considerando que a Política de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SANTA CATARINA, 1994) prevê que os Plano de Recursos Hídricos tem validade por até 10 anos, parte dos Planos estão desatualizados desde 2016 o que interfere na elaboração do enquadramento e exercício dos demais Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.

d) A problemática de gerenciamento dos recursos hídricos em Santa Catarina à luz das expectativas de desenvolvimento do Estado.

A ausência da implementação dos instrumentos para a gestão hídrica poderá desencadear impacto aos usos da água para a população que, segundo informações divulgadas pelo IBGE, tem projeção de crescimento que pode chegar até 7.661.113 de habitantes em 2025 conforme demonstrado no Quadro 3, aumentando a demanda de uso.

	Dados de habitantes em 2021	Estimativa de habitantes em 2025
População Santa Catarina	7.338.473	7.661.113

Tabela 2: População atual e Projeção População de Santa Catarina para 2025.

Fonte: dados do IBGE, 2021. Quadro elaborado pela autora, 2022.

Além do crescimento populacional de 322.640 pessoas, deve ser considerada a população que ainda não tem acesso à água tampouco esgoto tratado que em Santa Catarina. Segundo dados do SNIS, 2020, o Estado de Santa Catarina disponibilizava rede de água para 90, 4% da sua população em 2020. Com isto, 9,6% da população de 2020 não tem acesso a água, o que por si só gera aumento de demanda por água para o abastecimento populacional. Somado ao crescimento estimado, em 2025 o Estado de Santa Catarina deverá levar rede de água e respectivo abastecimento, para a universalização de acesso até 2025, o que aumenta a pressão atual por demanda de água.

Quanto ao esgoto, segundo o do SNIS (2020) o Estado de Santa Catarina realiza o tratamento de 26,1% do esgoto gerado, restando o tratamento de 73,9% do esgoto gerado. Com isto, para a universalização de tratamento de esgoto até 2025, deverá ser tratado o esgoto da população considerando o crescimento populacional e o abastecimento integral da população vigente o que desencadeia a melhoria da qualidade da água dos cursos hídricos. Além disto, a universalização do saneamento trará benefícios como redução no custo de vida, custo de saúde, valorização imobiliária, produtividade no trabalho e turismo, estimando ganhos após 2055 de R$3, 496 bilhões (TRATA BRASIL, 2021A).

Somado a isto, se tem o aumento da demanda de energia elétrica e, consequentemente, do uso da água para a finalidade de geração de energia elétrica hidráulica seja para a população em geral como para os setores econômicos. Apesar da crescente diversificação de geração de energia, ainda há uma grande dependência de energia gerada por hidroelétricas, sendo que com crescimento populacional que necessitará de energia para o exercício das atividades. A ausência de gestão da água com fim de garantir o uso hidroelétrico poderá incorrer em “apagões”, o que comprometeria o desenvolvimento social e econômico.

Outro ponto a ser observado é sobre o aumento populacional que desencadeia no aumento em relação ao consumo da água. Com isto, desencadeia no respectivo aumento de

demanda hídrica para o exercício das atividades econômicas para atender às necessidades da população crescente, tais como serviços, produção de bens industriais, administração e agropecuária., observando o consumo de água para cada atividade. Na Tabela 03 tem a representação econômica no Estado de Santa Catarina através do PIB – Produto Interno Bruto conforme os dados obtidos do Perfil dos Municípios do Observatório FIESC (2018) em reais e divisão de quanto cada atividade econômica representa em percentual no PIB do Estado de Santa Catarina.

ATIVIDADES	Percentual de PIB correspondente para cada atividade	Divisão proporcional do PIB Geral de Santa, cujo total é de R$ 298, 23 BI
SERVIÇOS	53, 43%	R$ 159, 34 BI
INDÚSTRIA	26, 74%	R$ 79, 75BI
ADMINISTRAÇÃO	14, 31%	R$ 42, 68BI
AGROPECUÁRIA	5, 51%	R$ 15, 43 BI

Tabela 03: PIB de Santa Catarina e setores econômicos.

Fonte: Dados FIESC, 2018. Quadro elaborado pela autora, 2022.

Considerando todos os usos da água consuntivos, segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (2019), se tem que o principal tipo de uso no país, em termos de quantidade utilizada, é a irrigação que representa 49,8% do total dos usos da água, conforme demonstrado na Tabela 04. O segundo principal uso da água é para o abastecimento humano que representa 24, 3% do total, seguido pelo uso para a indústria que representa 9,7%. Somando o uso para irrigação, abastecimento e indústria representam cerca de 74% da retirada total do uso da água. O restante da água fica para outros usos como o abastecimento animal, que representa 8,4%, uso nas termelétricas (para a geração de energia) que representa 4,5%, uso para o abastecimento rural que representa 1,6% e o uso para a mineração que representa 1,7%, conforme dados da SNIRH (2019).

49, 8% irrigação
8, 4% uso animal
9, 7% indústrias
1, 7% mineração
4, 5% termelétricas
1, 6% humano rural
24, 3% humano urbano

Tabela 04: Relação distribuição de consumo de água

Fonte: SNIRH, 2019. Elaborado pela autora, 2022.

Segundo dados do IBGE, disponibilizados no Portal do Governo Brasileiro, Santa Catarina, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, conforme dados de 2017, o total de volume consumido de água por dia é de 965,406 m³, (IBGE, 2017). Comparando o volume total consumido em Santa Catarina aplicando o percentual de consumo de água entre os usos previsto no SNIRH, (2019) e multiplicando, na Tabela 05 dispõe sobre o volume em m³/d consumidos em cada atividade no Estado de Santa Catarina.

	PERCENTUAL(%) de consumo previsto no SNIRH	VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDA EM SANTA CATARINA (m³/d)
ÁGUA TOTAL	100%	965.406 m³/d
IRRIGAÇÃO	49, 80%	480.772, 19 m³/d
USO ANIMAL	8, 40%	81.094, 10 m³/d
INDÚSTRIA	9, 70%	93.644, 38 m³/d
MINERAÇÃO	1, 70%	16.411, 90 m³/d
TERMELÉTRICAS	4, 50%	43.443, 27 m³/d
HUMANO RURAL	1, 60%	15.446, 50 m³/d
HUMANO URBANO	24, 30%	234.593, 66 m³/d

Tabela 05: Relação distribuição consumo de água em Santa Catarina por atividade

Fonte: SNIRH, 2019; IBGE, 2017. Elaborado pela autora, 2022.

Considerando as informações do FIESC, 2018 do PIB de Santa Catarina, foi dividido o valor do PIB conforme disposto foi FIESC proporcionalmente entre Serviços, Indústria, Administração e Agropecuária se tem que o volume de água consumido para irrigação, uso animal e humano rural. Os dados do volume de água consumida por atividade conforme dados do IBGE, 2017 foram inseridos no Tabela 06.

Como a FIESC divide o PIB entre Serviços, Indústria, Administração e Agropecuária, para fazer um cruzamento de dados entre percentual de consumo de água e PIB correspondente, foi acoplado em blocos os usos previstos no SINIRH, 2019 conforme a atividade prevista no levantamento da FIESC, 2018.

O volume de água consumido para irrigação, uso animal e humano rural, foi considerada por finalidade a geração de riqueza do setor da agropecuária. O consumo da indústria e mineração, foi considerada por PIB correspondente à indústria.

A Tabela 06 compila as informações do total do PIB em reais e o percentual do PIB em cada atividade, considerando os dados do FIESC de 2018. Adicionalmente utilizando informações do IBGE e SNRH, foram inclusos os dados em volume em m³/d que cada atividade consome e o percentual que cada atividade consome.

ATIVIDADES ECONÔMICAS	PERCENTUAL PIB	PIB GERAL SANTA CATARIA R$ 298, 23BI	VOLUME ÁGUA M³/D	PERCENTUAL CONSUMO ÁGUA
SERVIÇOS	53, 43%	R$ 159,34 BI	139.018, 46 m³ /d	14%
INDÚSTRIA	26, 74%	R$ 79,75BI	110.056, 28 m³/d	11%
ADMINISTRAÇÃO	14, 31%	R$ 42,68 BI	139.018, 46 m³ /d	14%
AGROPECUÁRIA	5, 51%	R$ 15,43 BI	577.312, 79 m³ /d	60%

Tabela 06: Relação distribuição consumo de água em Santa Catarina por setor econômico e PIB.

Fonte: FIESC, 2018; SNIRH, 2019; IBGE, 2017. Elaborado pela autora, 2022.

O resultado é que apesar do PIB da agropecuária representar 5,51%, o menor dentre os demais setores, o seu consumo é o maior, representando 60% do total da água distribuída. Já o setor de serviços que representa 53,43% do PIB, consome 14% de água. O setor de administração que representa 14,31% do PIB representa 14% do consumo. A indústria que representa 26,74% do PIB, consome 11% da água.

Com o crescimento populacional e econômico há a previsão aumento do consumo de água e de energia. Além disto, o consumo de energia por termelétricas sofre pressão para diminuir ao passo que o país caminha para a transição de energia elétrica renovável para redução de emissões de gases de efeito estufa- GEE, o que aumentará ainda mais a necessidade de outras fontes de energia para atender a demanda.

Por mais que se estimule a geração de energia elétrica por outras fontes renováveis para atender a crescente demanda, estes novos meios de geração de energia devem observar a demanda atendida pelas termoelétricas e hidroelétricas. Dada a dependência na energia hidroelétrica, com a crise hídrica, há a diminuição de disponibilidade de água para o uso para a geração de energia hidroelétrica. Com isto, a crise hídrica pode contribuir com o apagão elétrico, "forçando o país" a retomar e investir em fontes de combustíveis fósseis que emitem GEE's. Este cenário poderá contribuir para que o Brasil não cumpra com o compromisso global firmado perante a ONU relacionada à transição de energia para diminuir emissão de gases de efeito estufa para evitar impacto das mudanças climáticas ONU, 2021. A NDC do Brasil o país dispõe da redução das emissões líquidas totais de gases de efeito estufa em 37% em 2025, 43% até 2030 e neutralidade climática em 2060, utilizando a base das emissões do ano de 2005 (UNFCC, 2021).

Com o aumento da demanda, sem gestão hídrica com os instrumentos existentes, aumentam-se as chances de crise hídrica, risco de descumprimento das metas na NDC brasileira, consequente crise energética desencadeando aumento nos custos nas atividades industriais, conforme demonstrado na Figura 04.

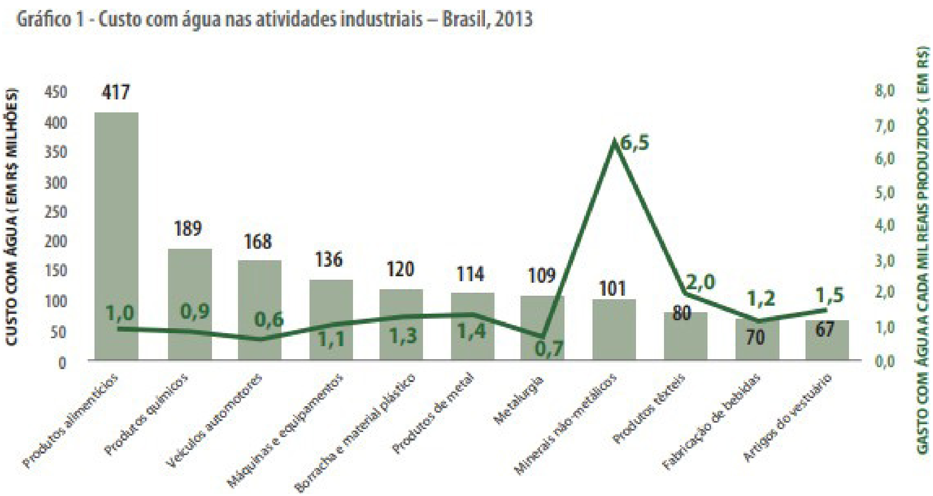


Figura 04: Custo com água nas atividades industriais – Brasil, 2013.

Fonte: FIESC, (2015).

A FIESC (2015) na figura 04 aponta dados do Brasil através do Observatório disponibiliza o Caderno Meio Ambiente e sobre oferta e Custo da Água e que dispõe de algumas informações sobre o consumo de água entre os setores da indústria brasileira. Os dados revelam que o setor alimentício respondeu pelo maior custo com água por ano, com gasto de R$ 417 milhões, em 2013. Os setores de produtos químicos, R$ 189 milhões, e veículos automotores, R$ 168 milhões, também figuram entre os que mais consomem água no estado. Por mais que sejam número expressivos, quando analisado o gasto com água por mil reais produzidos, a representação é baixa. O setor de minerais não metálicos apresenta o maior gasto, com valor de R$ 6,50/R$1.000,00, em 2013. Na sequência, encontram-se os setores de Produtos Têxteis, R$ 2,00/R$1.000,00, e de Artigos do Vestuário, R$ 1,50/ R$1.000,00, conforme figura 04. Ao passo que a disponibilidade da quantidade e qualidade da água diminui, este custo no meio industrial pode aumentar.

Além disto, a crise da água no contexto dos processos de gestão do risco de desastres se tem que, conforme a Secretaria Nacional de Defesa Civil, o desastre é um ‘’resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais’’. A Soriano et al (2016) define desastres como ‘’uma interrupção grave do funcionamento de uma comunidade ou uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais e impactos, que ultrapassa a capacidade da comunidade afetada ou da sociedade para lidar com recursos próprios’’. Consideramos que a crise da água pode ser configurada como um desastre. Uma gestão de risco de desastres integrado compreende as seguintes etapas ou fases, que serão discutidos abaixo: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.

Com isto, adotar modelos sólidos de gerenciamento de recursos hídricos é um caminho para a melhor gestão dos recursos hídricos e contribui para o gerenciamento de desastre hídrico. A ausência de implementação dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos coloca em risco o desenvolvimento das atividades econômicas e humanas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados levantados, conclui-se que apesar da lei brasileira ter se inspirado no modelo francês pela experiência que este país tem no gerenciamento de recursos hídricos, ao se comparar a norma francesa com a brasileira são observadas semelhanças no gerenciamento dos recursos hídricos no que tange à forma descentralizada. No entanto o modelo francês demonstra maior autonomia e atuação das Agências de Bacia sendo que esta sequer foi criada no Estado de Santa Catarina. Adicionalmente no que tange à cobrança, o modelo francês prevê a cobrança (e prêmio) indistintamente para todos os usuários observando o princípio do poluidor pagador e protetor recebedor, relacionado ao poder disciplinar de Foucault disciplina sobre a mudança das formas de poder para alterar do controle-repressão para controle-estimulação.

No Brasil, a cobrança se dá somente para os usuários passíveis de outorga e mediante viabilidade de cobrança dos usos e em que se pese exista legislação que estimule a aplicação do princípio de protetor recebedor, qual seja a lei 14.119/2021 (BRASIL, 2021) Política Nacional de Pagamento de Serviços Ambientais – PSA. Todavia, esta lei não alterou a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e ainda não tem previsão expressa no gerenciamento de recursos hídricos sobre a aplicação da PSA.

Os modelos de cobrança e focos na gestão da água se dá pelo contexto em que cada política de recursos hídricos foi criada em cada país. Enquanto a França criou a sua política com fim de despoluir os rios e diminuir os impactos na saúde pela poluição das águas desencadeada pela revolução industrial, o Brasil criou a sua política para fomentar a exploração da água para a indústria, pós crise de 29, não se preocupando com a poluição gerada. Atualmente, diante das crises hídricas, o contexto brasileiro é de regulamentar para que o gerenciamento de recursos hídricos se dê para garantir a quantidade de água necessária para os diversos usos, mas ainda a preocupação focal não é a qualidade como tem se dado na França nos últimos anos. O contexto social e cultural impacta na construção e na implementação das políticas públicas.

Em atenção à análise comparativa entre PNRH e Política Estadual de Recursos Hídricos foram observadas incompatibilidades entre as normas, que se deu pela lei estadual ter advindo antes da federal. Em consequência, se tem que a definição de instrumentos previstas nas normas divergem, bem como os critérios para dispensa de outorga, sanção pelo descumprimento, critérios sobre classificação de enquadramento, competência

e requisitos para a elaboração do Plano de Bacias. Quanto à cobrança também há divergências de entendimentos entre as normas para quem deve cobrar, critérios adicionais de cobrança, bem como dos critérios para a dispensa de outorga e consequente cobrança de uso. Na norma federal em si, com o advento do Marco Legal do Saneamento (BRASIL, 2020), desencadeou divergência de competência da ANA e Comitês de Bacias para dirimir sobre conflitos de usos dos recursos hídricos.

Há lacunas na Política Estadual de Recursos Hídricos (SANTA CATARINA, 1994 que ainda não foram preenchidas no que tange à falta de transparência dos dados de compensação dos municípios, dados da outorga, ausência de sistema integrado de outorga ao licenciamento, previsão sobre fiscalização pelo descumprimento da outorga e ausência de criação de Agências de Águas que são as responsáveis pela cobrança dos usos da água.

A transparência poderia se dar com maior diálogo da PNRH com outras políticas. A PNRH não dialoga com a Política Nacional do Meio Ambiente- PNMA no que se refere ao instrumento de licenciamento ambiental. Isto se dá pela ausência de previsão da análise do órgão licenciador conjunta com o Comitê de Bacias sobre a análise da quantidade de água a ser concedida para o consumo e para o lançamento observando o previsto no Plano de Bacia. Além disto, a PNMA não prevê sobre a comunicação ao órgão gestor do Comitê de Bacia da compatibilização com o consumo de água prevista na atividade licenciada para que possa ser avaliado se vai ao encontro com o previsto na outorga.

Neste sentido, existe previsão no artigo 42-A, §2° da Lei 10.257/2001 – Estatuto das Cidades que dispõe sobre a compatibilização do Plano Diretor com os Planos de Recursos Hídricos. No entanto, é ausente a consulta no Comitê de Bacias sobre os usos de áreas na cidade que eventualmente conflitam com o plano de gestão de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica. Como não há consulta, urge a necessidade da existência de Planos de Bacias para todos as Bacias e eles que estejam atualizados. Pelos dados levantados, o em quase 50% das Bacias Hidrográficas de Santa Catarina não tem Plano de Recursos Hídricos ou não está atualizado. Este cenário demonstra a possibilidade de já estar incorrendo conflitos de usos da área para o planejamento urbano e uso de área para o gerenciamento de recursos hídricos.

Em atenção a implementação da PNRH no Estado de Santa Catarina, conclui-se que apesar de 24 anos de existência da PNRH, menos da metade dos seus instrumentos foram implementados, sendo que 1/3 dos CBH's não tem Plano de Recursos Hídricos, 46, 66% não tem enquadramento e nenhum CBH tem cobrança pelo uso.

Com todo o exposto, conclui-se que o estado de Santa Catarina não tem gerenciado os recursos hídricos à luz da PNRH de forma satisfatória de modo que afaste risco de crise hídrica e impactos presentes e futuros para a sociedade e setores econômicos. Recomenda a necessidade se prolongar o estudo para avaliar se as divergências do modelo francês com a PNRH são viáveis para serem adotadas no Brasil. Adicionalmente

de que forma podem ser superadas as incompatibilidades das normas estaduais e federais e as lacunas das normas. Adicionalmente, avaliar como a ausência de gerenciamento de recursos hídricos podem desencadear em impactos financeiros nas atividades dos setores econômicos atuantes em Santa Catarina e na própria administração pública.

Diante da ausência da transparência da base das informações utilizadas para a análise recomenda-se a realização de estudo com aplicação de questionário para cada Comitê de Bacia Hidrográfica, com análise qualitativa da documentação que evidencie o cumprimento de cada instrumento de gerenciamento de recursos hídricos, conforme a previsão legal.

Recomendado o estudo prático de quais os instrumentos jurídicos são necessários para que o Estado de Santa Catarina providencie para superar as lacunas e divergências legais da análise comparada com a PNRH, tais como publicação de decretos, atualização de leis, revogações, elaboração de normas técnicas, dentre outros.

Além disto, este estudo pode ser realizado em outros Estados e Comitês de Bacias do Brasil para avaliar a implantação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos em cada localidade com fim de melhorar o gerenciamento de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. **Outros Usos da** Água. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua/outros-usos#:~:text=Os%20usos%20consuntivos%20s%C3%A3o%20aqueles, da%20%C3%A1gua%20sem%20consumi%2Dla>. Acesso em: 08/12/2021.

BARRETA, Márcia dos Santos Ramos; LAURENT, François, BASSO, Luis Alberto. **Os princípios e fundamentos da legislação das** águas **na França**. Boletim Gaúcho de Geogravia. V. 39. n1-2, 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União 1997;9 jan. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 23/10/2021.

CONAMA. **Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf> Acesso em: 08/12/2021

FIESC. **Observatório FIESC:** Indicadores: Perfil dos Municípios SC. Disponível em: <https://observatorio.fiesc.com.br/indicadores/municipios>. Acesso em 08/12/2021

FRANCE. Loi du 15 février 1902. **Loi relative à la protection de la santé publi-que**. Disponível em< hhttp://afisp.free.fr/Loi_relative_a_la_protection_de_la_sante_publique.pdf.> Acesso em 04/12/2022.

FRANCE. Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992. **Sur l'eau**. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/37306/2409>3. Acesso em 04/12/2022.

FRANCE. Loi n°64-1245 du 16 décembre 1964. **Relative au régime et à la répar-tition des eaux et à la lutte contre leur pollution**. Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006068236 7>. Acesso em 04/12/2022.

FRANCE. Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006. **Sur l'eau et les milieux aquati-ques**. Disponível em: < https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006055130> . Acesso em 04/12/2022.

FRANCE, 2022 **Code de l'environnement. Chapitre III: Structures administratives et financières.** Chapitre III : Structures administratives et financières (Articles L213-1 à L213-22). Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20200603>. Acesso em: 28/06/2021

IBGE, 2022. **Projeção população 2023**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/pesquisa/53/49645?ano=2023> Acesso em 28/11/2022.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps//populacao/projecao/>. Acesso em: 25/09/2022.

ONU, 2021. **COP26 The Glasgow Climate Pact.** Disponível em: https://ukcop26.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>. Acesso em: 19/11/2022.

SANTA CATARINA. **Lei estadual n° 9.748 de 30 de novembro de 1994**. Política Estadual de Recursos Hídricos. Publicação no Diário Oficial em 06/12/1994. Disponível em: <https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislacao/Lei-Estadual-9748-1994.pdf>. Acesso em 12/08/2021.

SANTA CATARINA**. Lei estadual n° 17.354 de 20 de Dezembro de 2017.** Criação do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA), extingue a Fundação do Meio Ambiente (FATMA). Publicado no Diário Oficial do Estado em 21/12/2017. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2017/17354_2017>. Acesso 08/12/2021.

SINS. **Abastecimento de água – 2020**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>. Acesso em 16/12/2021.

SNIRH. 2021. **Atlas da Irrigação: uso da** água **na agricultura irrigada.** ANA. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em 08/12/2021.

SNIRH, 2021 1. **Atlas Águas: Segurança Hídrica no Abastecimento Urbano**. Disponível em: < https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730> Acesso em 29/11/2022

SORIANO, Érico; LONDE, Luciana de Resende; GREGORIO, Leandro Torres di; COUTINHO, Marcos Pellegrini, SANTOS, Leonardo Bacellar Lima. **Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres.** Ambient. soc. vol.19 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2016.

TRATA BRASIL. **Benefícios Econômicos da Expansão da Qualidade de Vida em Santa Catarina.** Elaborado pela Ex Ante Consultoria Econômica em parceria com a Trata Brasil. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Completo-1.pdf>. Acesso em 13/08/2021.

TRATA BRASIL. **Principais dados de saneamento pro estado.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/dados-regionais>. Acesso em: 08/12/2021.

UNFCC, **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil.** Disponível em: https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA>. Acesso em: 23/10/2021.

YAMAGUCHI, Taylla Evellyn. MARTINS DE SOUZA, Mauro César. **França: A Construção do Direito Ambiental em um país desenvolvido**. Tópos V. 5, N° 2, p. 47 - 66, 2011. Disponível em < https://revista.fct.unesp.br/index.php/topos/article/view/2284#:~:text=O%20direito%20ambiental%20franc%C3%AAs%20bem,renov%C3%A1veis%20e%20cr%C3%A9ditos%20de%20carbono.> Acesso em 04/12/2022.

CAPÍTULO 5

CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE SANEAMENTO BÁSICO DE SALVADOR-BA (ISAN_SALVADOR)

Data de aceite: 03/07/2023

Patrìcia Campos Borja
Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica/Departamento de Engenharia Ambiental

Luiz Roberto Santos Moraes
Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica/Departamento de Engenharia Ambiental

Saara de Carvalho Boteon
Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica

Maria Elisabete Pereira dos Santos
Universidade Federal da Bahia/Escola de Administração

RESUMO: O artigo tem como objetivo apresentar a construção de índice sintético da situação do saneamento básico em Salvador-Bahia, atribuindo a cada componente do saneamento básico uma variável, um indicador e um peso. O Índice de Saneamento Básico de Salvador (ISan_Salvador), foi construído baseado em indicadores dos quatro componentes do saneamento básico, ponderados entre si, a partir de processo de discussão e realização de grupo-focal com a equipe de pesquisadores da UFBA, considerando a produção científica sobre o tema. O modelo de construção do ISan_Salvador considerou para o componente abastecimento de água: variável=frequência, indicador=proporção de domicílios com abastecimento contínuo da rede de distribuição e peso=0,20; esgotamento sanitário: destino de esgotos sanitários domiciliares, proporção de domicílios com destino adequado (rede coletora/fossa séptica) e peso=0,27; drenagem de águas pluviais: acesso e condições de conservação/manutenção da rede de drenagem, proporção de domicílios com acesso e conservação/manutenção da rede e peso=0,27; e coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD) e sua frequência: coleta de RSD e frequência, proporção de domicílios com coleta diária porta-a-porta e peso=0,26. Foram aplicados 15.260 questionários em domicílios amostrados nos 160 bairros habitados de Salvador, entre 2018 e 2020. A partir dos valores do ISan-Salvador, foram definidas classes de qualidade: excelente (0,79-0,95) em 25 bairros; muito bom (0,68- 0,78) em 42; bom (0,58-0,67) em 38; regular (0,48-0,57) em 30; ruim (0,33-0,47) em 21; e muito ruim (0,32-0,21) em 4 bairros. O valor médio do ISan_Salvador foi de 0,63, correspondendo

à classificação “bom”, mas com grande amplitude dos valores encontrados (0,21 a 0,95). Embora o resultado possa induzir a uma interpretação otimista, deve ser considerado que quase um terço da Cidade (55 bairros) se encontra abaixo dessa média e dispõe de serviços públicos de saneamento básico de forma “regular”, “muito ruim” ou “ruim”, além da desigualdade no acesso a esses serviços terem apresentado recortes de classe e espacial.
PALAVRAS-CHAVE: Saneamento Básico; ISan_Salvador; Desiguldades; Salvador.

CONSTRUCTION AND APPLICATION OF THE BASIC SANITATION INDEX OF SALVADOR-BA (ISAN_SALVADOR)

ABSTRACT: The article aims to present the construction of a synthetic index of the basic sanitation situation in Salvador-Bahia, attributing a variable, an indicator and a weight to each component of basic sanitation. The Salvador Basic Sanitation Index (ISan_Salvador) was constructed based on indicators of four components of basic sanitation, weighted among themselves, based on a discussion process and a focus group with the UFBA research team, considering the production science on the topic. The construction model of ISan_Salvador considered for the water supply component: variable=frequency, indicator=proportion of households with continuous supply from the distribution network and weight=0.20; sanitation: destination of domestic sewage, proportion of households with adequate destination (sewerage or septic tank) and weight=0.27; rainwater drainage: access and conservation/maintenance conditions of the drainage network, proportion of households with access and conservation/maintenance of the network and weight=0.27; and collection of household solid waste (HSW) and its frequency: collection of HSW and frequency, proportion of households with daily door-to-door collection and weight=0.26. 15,260 questionnaires were applied in sampled households in the 160 inhabited neighbourhoods of Salvador, between 2018 and 2020. Based on the ISan-Salvador values, classes of quality were defined: excellent (0.79-0.95) in 25 neighbourhoods; very good (0.68-0.78) at 42; good (0.58-0.67) in 38; fair (0.48-0.57) at 30; poor (0.33-0.47) in 21; and very bad (0.32-0.21) in 4 neighbourhoods. The average value of ISan_Salvador was 0.63, corresponding to the “good” classification, but with a wide range of values found (0.21 to 0.95). Although the result may lead to an optimistic interpretation, it should be considered that almost a third of the city (55 neighbourhoods) is below this average and has public basic sanitation services in a “regular”, “very bad” or “bad” way, in addition to the inequality in access to these services that presented social class and spatial clippings.
KEYWORDS: Basic sanitation; ISan_Salvador; Inequalities; Salvador.

INTRODUÇÃO

A promoção e a melhoria da saúde da população e da salubridade ambiental na cidade passam, necessariamente, pelo acesso a ações e serviços públicos de saneamento básico. O Estatuto da Cidade (Lei n. 10.257/2001) prevê o direito ao saneamento ambiental, para as presentes e futuras gerações, como parte do direito às cidades sustentáveis, importante diretriz da política urbana (BRASIL, 2001).

Apesar do reconhecimento da importância do saneamento básico para a saúde, qualidade ambiental e direito à cidade, no Brasil, ainda hoje, esse serviço não chega para todos, sendo as populações mais vulnerabilizadas as que vivem nas periferias urbanas, nas pequenas localidades e nas áreas rurais, especialmente das regiões Norte e Nordeste.

No caso de Salvador, objeto deste trabalho, os serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário estão acima da média nacional em termos de cobertura da população, porém, convive-se com irregularidade no fornecimento de água e a rede coletora de esgotos sanitários ainda não garante a despoluição dos rios. Os serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são realizados de forma precária, especialmente nas regiões do Subúrbio Ferroviário e o Miolo de Salvador, onde vive a população de menor renda. Os serviços públicos de manejo das águas pluviais urbanas, prestados diretamente pela prefeitura municipal, não chegam a toda a cidade, existindo diversos pontos com ocorrência recorrente de alagamentos e inundações.

Na cidade, os serviços públicos de saneamento básico são distribuídos de forma desigual, como outros serviços urbanos. Assim, embora em termos de cobertura dos serviços a cidade tenha avançado na última década, o espaço urbano é marcado pelas desigualdades intraurbanas. No entanto, existem poucos estudos que buscam estudar essas desigualdades, caracterizando-as e delimitando-as no território da cidade. Assim, o presente estudo busca contribuir nos estudos das desigualdades de acesso aos serviços públicos de saneamento básico em Salvador.

De acordo com a Constituição Federal, em seu artigo 30, inciso V, é competência dos municípios "[...] organizar ou prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local" (BRASIL, 1988, s.p.). Assim, a responsabilidade pela organização e prestação dos serviços públicos de saneamento básico é do município. Desde 2009, o município de Salvador e o estado da Bahia, com base na Lei Federal n. 11.107/2005 (BRASIL, 2005), firmaram convênio de cooperação para que a Empresa Baiana de Águas e Saneamneto S/A (EMBASA) prestasse os serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário por meio de contrato de programa/gestão, sendo que a regulação e fiscalização dos serviços prestados pela Embasa, ainda de forma precária, passaram a ser de responsabilidade da Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia (AGERSA). Em maio de 2011, a Câmara Municipal aprovou e o chefe do Poder Executivo sancionou a Lei n. 7.981 (SALVADOR, 2011), que autoriza o Município a firmar contrato de programa/gestão com a Embasa, o que até agora não aconteceu.

A Prefeitura Municipal de Salvador (PMS) apresenta deficiências e necessita de estrutura institucional integrada na área de saneamento básico. Atualmente, as ações e os serviços públicos de saneamento básico estão sob a responsabilidade de alguns órgãos e secretarias. A Secretaria de Infraestrutura e Obras Públicas (SEINFRA), que conta com o Conselho Gestor do Fundo Municipal de Saneamento Básico (FMSB), com a Diretoria de Saneamento Ambiental e a Gerência de Recursos Hídricos e Saneamento, assumiu a

responsabilidade de planejar e gerir a infraestrutura urbana e o saneamento ambiental, bem como de projetos e obras de drenagem de águas pluviais e de redes de esgoto implantados pela PMS. É responsável pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico Integrado (PMSBI) de Salvador, atualmente em fase de conclusão. Ainda nessa secretaria, as ações de fiscalização de projetos e de execução de obras de drenagem urbana ficam a cargo da Superintendência de Obras Públicas de Salvador (SUCOP), embora as ações e os serviços de sua manutenção fiquem a cargo da Secretaria de Manutenção da Cidade (SEMAN).

A limpeza urbana no Município é de responsabilidade da Secretaria Municipal de Ordem Pública (SEMOP), que conta com o Conselho Gestor do Fundo Municipal de Limpeza Urbana e que terceirizou a totalidade dos serviços prestados pela Empresa de Limpeza Urbana do Salvador (LIMPURB), agora responsável pela definição do planejamento, fiscalização e controle dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, embora a coleta seletiva desses resíduos esteja sob a responsabilidade da Secretaria de Sustentabilidade e Resiliência (SECIS). As ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano estão sob a responsabilidade da Subcoordenadoria de Vigilância em Saúde Ambiental (VISAMB), da Diretoria de Vigilância da Saúde da Secretaria Municipal de Saúde (SMS). O Município criou por lei, em 2007, a Agência Reguladora e Fiscalizadora dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos, visando à privatização desses serviços, modificada por lei, em 2013, para Agência Reguladora e Fiscalizadora dos Serviços Públicos do Salvador (ARSAL), incluindo abastecimento de água e esgotamento sanitário, embora inoperante quanto a esses serviços, que continuam a ser regulados e fiscalizados pela Agersa, além de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

No âmbito do Projeto Qualidade do Ambiente Urbano de Salvador - QUALISalvador, desenvolvido por pequisadores da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), foi construído o Índice de Saneamento Básico de Salvador (ISan_Salvador), como uma estratégia para estudar as desigualdades de acesso (SANTOS et al., 2022). O ISan_Salvador busca caracterizar as desigualdades de acesso aos serviços públicos de saneamento básico, permitindo uma reflexão sobre as políticas públicas existentes dos processos de determinação político-social sob os quais o município de Salvador e seus moradores estão submetidos, especialmente no que toca às questões de classes, étnico-raciais e de gênero. Desse modo, o presente artigo tem como objetivo apresentar a construção do ISan_Salvador e alguns resultados de sua aplicação.

METODOLOGIA

O Índice de Saneamento Básico de Salvador (ISan_Salvador), foi construído seguindo os resultados dos processos de discussão da equipe do grupo de pesquisa da Universidade Federal da Bahia. Foram utilizados para a construção do Índice, indicadores

dos componentes do saneamento básico – abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos –, que foram ponderados entre si.

A ponderação entre os componentes e indicadores foi definida a partir de intenso processo de discussão e realização de grupo-focal, inicialmente com a equipe de saneamento do grupo de pesquisa, a partir da produção científica sobre o tema e, posteriormente, com toda a equipe de professores e pesquisadores do Projeto QUALISalvador. O Quadro 1 sintetiza o modelo de construção do ISan_Salvador.

Componentes do saneamento básico	**Peso do componente**	**Variável**	**Indicador**
Abastecimento de água	0,20	Frequência do abastecimento de água	Proporção de domicílios com abastecimento contínuo da rede de distribuição (24h/dia)
Esgotamento sanitário	0,27	Destino dos esgotos sanitários domiciliares	Proporção de domicílios com destino adequado dos esgotos sanitários (rede coletora ou fossa séptica)
Drenagem de águas pluviais	0,27	Acesso e condições de conservação e manutenção da rede de drenagem	Proporção de domicílios com acesso e condições de conservação e manutenção da rede de drenagem
Coleta de RSD e sua frequência	0,26	Coleta e frequência da coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares-RSD	Proporção de domicílios com recolha diária porta a porta

Quadro 1 – Modelo de construção do ISan_Salvador.

Fonte: elaborada pelos autores com base no Projeto QUALISalvador, 2021.

No total, foram aplicados 15.260 questionários em domicílios amostrados nos 160 bairros habitados do Município, entre 2018 e 2020 (Projeto QUALISalvador, 2021). Após a construção do banco de dados, os indicadores foram gerados, normalizados com o método do mínimo-máximo e, posteriormente, agregados por meio da média ponderada. A partir dos valores do ISan_Salvador, foram definidas classes de qualidade (Tabela 1).

Valor do ISan_Salvador	Classe de qualidade
0,79-0,95	Excelente
0,68-0,78	Muito bom
0,58-0,67	Bom
0,48-0,57	Regular
0,33-0,47	Ruim
0,32-0,21	Muito ruim

Tabela 1 – Valores do ISan_Salvador e classes de qualidade

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Projeto QUALISalvador, 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ISan_Salvador possui uma média de 0,63, sendo que o bairro com menor índice foi a Ilha de Maré (0,21) e o com maior foi o Caminho das Árvores (0,95), com desvio padrão de 0,15.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva do ISan_Salvador e o Quadro 2 apresenta a relação de bairros segundo faixas do ISan_Salvador e classe de qualidade.

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro desvio
ISan_Salvador	160	0,21	0,95	0,6326	0,14664

Tabela 2 – Estatística descritiva do ISan_Salvador

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Projeto Qualidade do Ambiente Urbano de Salvador – QUALISalvador, 2021.

Bairro	**Faixa do ISan_ Salvador**	**N**	**% de bairros**	**Classe**
Ilha de Maré, Ilha de Bom Jesus dos Passos, Palestina e Santa Luzia.	0,21-0,32	4	2,5	Muito ruim
Valéria, Comércio, Calabetão, Novo Marotinho, Granjas Rurais Presidente Vargas, Ilha dos Frades, Vila Canária, Campinas de Pirajá, Calabar, Canabrava, Vale dos Lagos, Saramandaia, Sussuarana, Águas Claras, Nova Sussuarana, Trobogy, Arraial do Retiro, Narandiba, Cajazeiras X, Cajazeiras XI e Retiro.	0,33-0,47	21	13,13	Ruim
Castelo Branco, Jardim Cajazeiras, Moradas da Lagoa, Bairro da Paz, São Tomé, Arenoso, Calçada, Jardim Santo Inácio, Pau da Lima, São Marcos, Jardim Nova Esperança, Nova Esperança, Jaguaripe I, Mata Escura, Pirajá, Areia Branca, Bom Juá, Cassange, Fazenda Coutos, Itinga, Marechal Rondon, Sete de Abril, Engomadeira, Lobato, Novo Horizonte, Cajazeiras VII, Capelinha, Engenho Velho da Federação, Dom Avelar e Fazenda Grande IV.	0,48-0,57	30	18,8	Regular
Boa Viagem, Boa Vista de São Caetano, Fazenda Grande II, Alto das Pombas, Beiru/ Tancredo Neves, Cajazeiras IV, Doron, Fazenda Grande do Retiro, Mangueira, Baixa de Quintas, Coutos/Vista Alegre, Curuzu, Nordeste de Amaralina, Nova Brasília, Vale das Pedrinhas, Cajazeiras VIII, Nova Constituinte, Pituaçu, Cajazeiras VI, Fazenda Grande III, Cajazeiras V, Mussurunga, Boca da Mata, Costa Azul, Pernambués, São Gonçalo, Alto da Terezinha, Fazenda Grande I, IAPI, Paripe, Pero Vaz, São João do Cabrito, Alto do Coqueirinho, Luiz Anselmo, Alto do Cabrito, Chapada do Rio Vermelho, Mares e São Rafael.	0,58-0,67	38	23,8	Bom

Periperi/Colina de Periperi/Mirante de Periperi, Ribeira, Boca do Rio, Cabula VI, Cosme de Farias, Lapinha, Plataforma/ Ilha de Amarela, Praia Grande, Engenho Velho de Brotas, Federação, Jardim das Margaridas, Cajazeiras II, Liberdade, Santa Cruz, Barreiras, Caminho de Areia, Candeal, Centro/Dois de Julho, Massaranduba, Ondina/Chame-Chame, Santa Mônica, São Cristóvão, Barris, Bonfim, Caixa d'Água, Itacaranha, Saboeiro, São Caetano, Uruguai, Boa Vista de Brotas, Rio Sena, Cabula, Garcia, Macaúbas, Pau Miúdo, Amaralina, Centro Histórico, Canela, Cidade Nova, Imbuí, Itapuã e Vila Ruy Barbosa/Jardim Cruzeiro.	0,68-0,78	42	26,3	Muito bom
Brotas/Horto Florestal, Monte Serrat, Acupe, Barra, Roma, Stella Maris, Rio Vermelho, Vitória, Matatu, Patamares, Resgate, Santo Agostinho, Santo Antônio, Pituba, Tororó, Jardim Armação, Nazaré, Stiep, Piatã, Barbalho, Saúde, Vila Laura, Itaigara, Graça e Caminho das Árvores.	0,79-0,95	25	15,6	Excelente
Total		160	100	

Quadro 2 – ISan_Salvador, por faixa e classe de qualidade.

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Projeto Qualidade do Ambiente Urbano de Salvador – QUALISalvador, 2021.

O Quadro 2 e o mapa coroplético (Figura 1) mostram, baseadas no ISan_Salvador, a desigualdade existente na distribuição/prestação dos diferentes serviços públicos de saneamento básico entre os bairros do município: aqueles situados na franja do Oceano Atlântico e na Área Urbana Consolidada apresentam faixas de ISan maiores se comparados com os dos bairros do Miolo, do Subúrbio Ferroviário e Rodoviário e das ilhas, estes últimos com população predominantemente negra e de baixa renda. Tal realidade indica a necessidade urgente de formulação e implementação de política pública de saneamento básico e que a elaboração, ora em curso pela PMS, e a posterior implementação do PMSBI estabeleça como prioridade o atendimento desses bairros e de suas populações, visando à universalização desses serviços e sua prestação com qualidade.

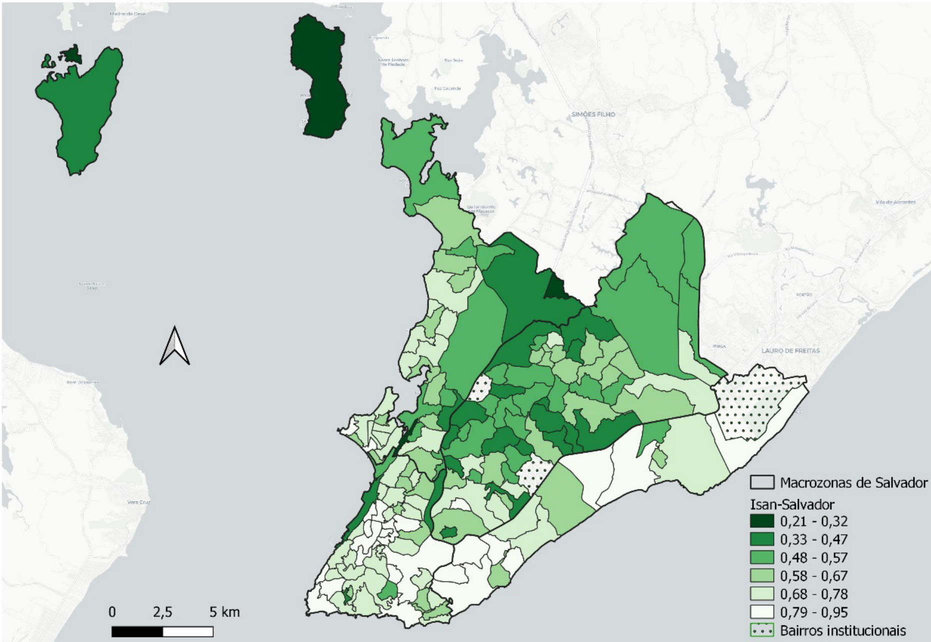


Figura 1 – ISan_Salvador por bairros (N = 160)

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Projeto Qualidade do Ambiente Urbano de Salvador – QUALISalvador, 2021.

A Figura 2 mostra gráficos de dispersão entre o ISan_Salvador e anos de estudos do responsável pelo domicílio, renda média per capita familiar mensal e estado de segurança alimentar, podendo ser notado que quanto maior número de anos de estudos do responsável pelo domicílio, maior é o Isan, seguindo a mesma tendência de correlação com a renda média per capita familiar mensal – até dois salários mínimos – e com o estado de segurança alimentar. Além de implementação de política pública de saneamento básico, esse cenário reforça a necessidade da implementação de outras políticas públicas sociais, que deem prioridade às questões de geração de renda, educação, alimentação, cor/raça e gênero.

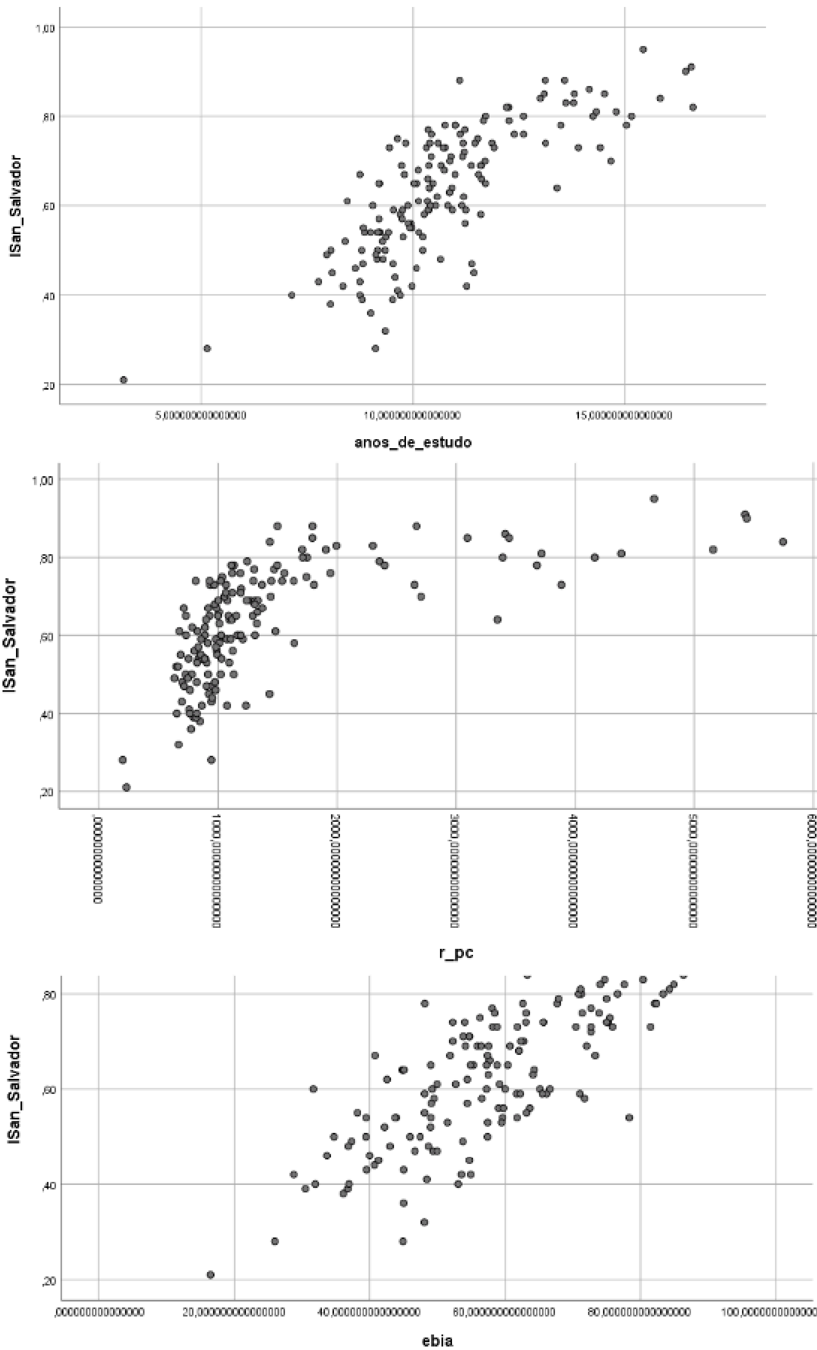


Figura 2 – Gráfico de dispersão entre o ISan_Salvador e anos de estudos do responsável pelo domicílio, renda média **per capita familiar mensal e estado de segurança alimentar, 2018-2020 (N = 15.260).**

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Projeto Qualidade do Ambiente Urbano de Salvador – QUALISalvador, 2021.

Avaliando o comportamento do ISan_Salvador entre os valores menores ou iguais ao percentil 10% e maiores ou iguais ao percentil 90%, é possível perceber as desigualdades em relação às variáveis de saneamento básico e às variáveis socioeconômicas, com destaque para a renda média per capita familiar mensal e acesso adequado aos serviços públicos de manejo resíduos sólidos (Tabela 3).

Indicadores	ISan_Salvador		
	Percentil 10%	**Percentil 90%**	**Relação**
Índice de Qualidade Urbano-Ambiental de Salvador (IQUASalvador)	0,44	0,70	1,59
Média de anos de estudo do responsável	8,44	14,18	1,68
Renda média per capita familiar mensal	769,94	3.322,28	4,31
Segurança alimentar na família	39,78	83,64	2,10
Acesso e conservação adequada do sistema de drenagem	30,79	79,77	2,59
Acesso adequado aos serviços de resíduos sólidos	24,95	89,22	3,58

Tabela 3 – Relação entre indicadores selecionados e o ISan_Salvador. 2018-2020 (N=15.260)

Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Projeto Qualidade do Ambiente Urbano de Salvador – QUALISalvador, 2021.

CONCLUSÃO

O valor médio do ISan_Salvador foi de 0,63, que corresponde à classificação “Bom”, mas a amplitude dos valores encontrados é grande, variando de 0,21 a 0,95. Dessa forma, embora o resultado possa induzir a uma interpretação otimista, deve ser levado em conta o fato de que quase um terço da cidade (55 bairros) se encontra abaixo dessa média e dispõem de serviços públicos de saneamento básico de forma “Regular”, “Muito ruim” ou “Ruim”.

Fazendo relação entre o ISan_Salvador e outros indicadores de interesse, o que apresenta maior relação com o Índice de Saneamento Básico é a renda média per capita mensal, reforçando que a desigualdade no acesso aos serviços públicos de saneamento básico tem, entre outros, recorte de classe. Também é possível fazer o recorte espacial, posto que o mapa sinaliza que os bairros com menores valores de ISan_Salvador estão concentrados no Miolo, Subúrbio Ferroviário e Ilhas; ao contrário do que ocorre nas áreas mais valorizadas da cidade, com índices maiores. Tal realidade indica a necessidade urgente de formulação e implementação de política pública de saneamento básico, bem como a conclusão do Plano Municipal de Saneamento Básico Integrado (PMSBI) de Salvador, ora em curso pela PMS, e que sua posterior implementação estabeleça como

prioridade o atendimento desses bairros e de suas populações, visando à universalização desses serviços e sua prestação com qualidade.

A legislação relacionada às ações e aos serviços públicos de saneamento básico, tanto aquela que regula institucionalmente a área quanto a articulação intersetorial e interdisciplinar, incluindo normas e padrões de qualidade sanitária e ambiental, na medida em que incorporem efetivamente sua relação com o ambiente e a saúde, poderá contribuir para potencializar seus benefícios.

A gestão dos serviços públicos de saneamento básico deve incorporar e praticar princípios democráticos, cabendo ao poder público o dever da sua promoção com vistas a garantir direitos e igualdade, devendo-se assegurar a participação e o controle social de forma ativa, crítica e não tutelada pelo Estado, único mecanismo capaz de produzir um processo de decisão que visa superar as influências do capital/setor privado na definição da agenda, na alocação de recursos, alinhando a ação pública na direção dos interesses da coletividade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos moradores e lideranças dos bairros pesquisados que responderam ao questionário aplicado e viabilizaram o trabalho de campo, bem como à Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A (EMBASA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ ccivil_ 03/leis/leis_2001/L10257.htm>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. Lei n. 11.107, de 6 de abril de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ ccivil_ 03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm>. Acesso em: 17 mar. 2023.

Projeto QUALISalvador. Banco de Dados. Salvador: UFBA; UNEB, 2021. Não publicado.

SALVADOR. Lei n. 7.981, de 31 de maio de 2011. Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico – serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, autoriza o Município a celebrar o Contrato de Programa com a Empresa de Águas e Saneamento S/A, institui o Fundo Municipal de Saneamento Básico e ratifica o Convênio de Cooperação entre entes federados firmado em 3 de dezembro de 2009. Salvador: Diário Oficial do Município, ano 24, n. 5.380, 1 jun. 2011.

SANTOS, M. E. P. et al. (org.) QUALISalvador: qualidade do ambiente urbano da Cidade da Bahia. 2.ed. Salvador: Edufba, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ ri/34177. Acesso em: 17 mar. 2023.

QUEIMADAS E A AMAZÔNIA: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE E SOCIEDADE

Data de aceite: 03/07/2023

Nichelly Campos de Araújo

Thamires Andrade Rodrigues

Fernanda Alves Cangerana Pereira

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo identificar e comparar as principais pesquisas relacionadas às queimadas na região amazônica buscando analisar os principais resultados sobre as origens, causas e ligações externas com as queimadas que assolam a região. O estudo foi realizado por meio de revisão bibliográfica utilizando como principal base de pesquisa a plataforma Library Online-Scielo que através das palavras-chave: Queimadas e Amazônia, Queimadas na Amazônia, resultou no total de 47 artigos. O critério para seleção dos artigos incluídos na revisão foram: deveria conter análise sobre as possíveis causas e efeitos das queimadas na Amazônia brasileira, o desenvolvimento geral do artigo estar alinhado com o tema principal, excluindo os artigos que desviavam do tema, ter sido publicado em periódicos nacionais ou internacionais. Resultando em 4 artigos para discussão. Entre os principais resultados encontrados nos artigos destacam-se: a origem das queimadas estar ligadas as atividades econômicas agropastoris, a consequência do descontrole das queimadas ser os incêndios de grandes proporções, o aumento de hospitalização por problemas respiratórios relacionados a piora da qualidade do ar ocasionada pela incidência de incêndios e o surgimento de leis e políticas públicas que tem como principal objetivo conter o uso de queimadas e assim prevenir incêndios e suas consequências. A partir dessa análise pode-se concluir que os incêndio florestais são na maioria das vezes originadas por queimadas provocadas pela atividade humana que fora de controle ganha grandes proporções e suas consequências vão além do que o fogo queima, resultando em perdas materiais, fauna, flora, na saúde que não se restringe apenas a região afetada, uma vez que o vento leva essa poluição para outras regiões, e a criação de políticas públicas e novas leis não são auto suficiente pra a sua prevenção, toda a comunidade deve ser envolvida na causa para que a ação seja efetiva.

PALAVRAS-CHAVE: Queimadas, Queimadas na Amazônia, Políticas Públicas, incêndio, Incêndios na Amazônia, queimadas e saúde, poluição do ar.

INTRODUÇÃO

A floresta Amazônia ocupa uma área de aproximadamente 6,3 milhões de km2 com seu território distribuído entre o Brasil, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Bolívia e Guianas. A parte brasileira possui cerca de 5,5 milhões de km2, chamada de Amazônia Legal. No Brasil a floresta é constituída pelos estados do Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre e Amapá e parte dos estados do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão. (ARANAS, 2009).

As queimadas na Amazônia têm virado notícia constante, a cada ano que passa registra recordes negativos como em 22 de agosto deste ano, 2022, que registrou 3.358 focos de incêndio no intervalo de 24 horas, sendo a pior marca em 15 anos, de acordo com dados do programa federal que monitora o fogo no bioma. (G1, 2022).

Segundo o monitoramento por satélite do Imazon, ligada diretamente às queimadas, a devastação da floresta amazônica triplicou no último março, fazendo com que o primeiro trimestre de 2023 fechasse com a marca da segunda maior área devastada dos últimos 16 anos, perdendo apenas para agosto de 2021. (IMAZON,2023).

As queimadas podem ser classificadas como naturais, que são provocadas pela própria natureza e artificiais, que são as queimadas provocadas por ação humana. De modo geral apresentam benefícios e malefícios, principalmente quando se trata das queimadas artificiais. (MANGUEIRA, 2021).

Este artigo busca identificar e comparar as principais pesquisas relacionadas ao assunto buscando analisar os principais resultados sobre as origens, causas e ligações externas com as queimadas que assolam a região.

METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando como principal base de pesquisa a plataforma Library Online-Scielo.

Durante a pesquisa realizada entre os dias 28 de agosto e 17 de setembro de 2022, utilizamos as palavras-chave: Queimadas e Amazônia, Queimadas na Amazônia, e encontramos um total de 47 artigos.

Para seleção dos artigos foi produzido um quadro com as seguintes informações: autor, ano, local de abrangência da análise, componentes analisados e principais resultados.

Os critérios de seleção para os artigos incluídos na revisão foram: conter análise sobre as possíveis causas e efeitos das queimadas na Amazônia brasileira, o desenvolvimento geral do artigo estar alinhado com o tema queimadas e a Amazônia, excluindo os artigos que fugiam ao tema principal, ter sido publicadas em periódicos nacionais ou internacionais. Com base nesses critérios, selecionamos 4 artigos para discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número total de estudos encontrados nas bases de dados foi de 47. Esses estudos foram analisados na íntegra com o intuito de verificar sua relação com o tema principal da revisão. Foram removidos 43, resultando em 4.

As características dos estudos revisados são apresentadas na tabela 01, com as seguintes informações: autor/ ano, título do artigo, principais resultados.

Autor/ Ano	Título	Principais Resultados
Thiago Fonseca Morello et. al /2017	Queimadas e Incêndios florestais na Amazônia Brasileira: Por que as Políticas Públicas têm efeito limitado?	Destaca as principais políticas públicas que objetivam reduzir as queimadas e suas limitações. Conclui-se que as políticas seriam mais eficazes se trabalhadas em conjunto com o setor público e pesquisa para gerar ações mais eficientes envolvendo a sociedade.
Karen dos Santos Gonçalves et. al/2012	As Queimadas na região Amazônica e adoecimento respiratório	O estudo relaciona o aumento de hospitalizações por problemas respiratórios com a baixa qualidade do ar e épocas de seca. Confirmando a relação do aumento das doenças respiratórias com a poluição do ar e a necessidade de compilar as informações relacionadas às consequências das queimadas para serem discutidas com autoridades, equipes multidisciplinares para uso no monitoramento e melhorias da saúde pública.
Henrique José Borges de Araujo et. al./ 2013	Danos provocados pelo Fogo em Vegetação Primária	Efeitos do fogo após o incêndio de grandes proporções no Acre em 2009. Segundo o autor, nos padrões de danos causados apenas por um incêndio, que é o caso da área estudada, é esperado que a incidência de novos incêndios, em curtos intervalos insuficientes à recuperação, resulte na irremediável degeneração da floresta.
David Wilson de Abreu Pardo/ 2012	Direito e Sociedade na Amazônia: Sobre a Proibição legal do uso do fogo em atividades Econômicas Agropastoris	O artigo trás o tratamento jurídico que surgiu em resultado aos grandes impactos causados pelo incêndio ocorrido no Acre em 2005 o qual resultou em significativa perda de biomassa, prejuízos à segurança (redução da visibilidade nos tráfegos aéreo e rodoviário), à saúde e às lavouras mantidas pelos próprios produtores rurais, além do acúmulo de resíduos que serão revertidos em gás carbônico ao longo de décadas.

Tabela 01: Características dos estudos revisados

Fonte: Organizado pelo autor. 2022.

Todos os artigos partem do princípio de que as queimadas são parte de processos agropastoris e por isso sua ocorrência é comum após a época de estiagem, quando os produtores rurais realizam queimadas para limpeza e preparo da terra, com o objetivo de torná-la cultivável. O grande problema gerado por essa cultura é que as queimadas passaram as barreiras da economia de subsistência e tem sido usada em grande escala para transformar florestas em pasto para criação de animais de médio e grande porte e exploração extensiva do solo cujos efeitos são a supressão da vegetação primária – e todos os efeitos decorrentes disso, como a supressão da biodiversidade faunística e florística – e a emissão sazonal de grande volume de gases tóxicos e micropartículas poluentes na atmosfera. Em face a esse cenário as queimadas têm se tornado incêndios descontrolados com mais frequência.

Segundo Morello et. al. 2017, para que o controle das queimadas seja efetivo surgiram políticas públicas cujos órgãos responsáveis são o Sistema Nacional de Prevenção e Controle de Incêndios Florestais (Prevfogo), um Centro Especializado do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e; (ii) o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Já os governos estaduais e municipais atuam geralmente por meio dos corpos de bombeiros estaduais, de secretarias e órgãos de meio ambiente.

Essas ações se resumem em principalmente monitorar em tempo quase real de as ocorrências de fogo, detectadas por satélites, suporte às comunidades de produtores de pequeno porte, educação ambiental em incêndios florestais, concessão da autorização para uso do fogo e de fiscalização de queimadas. Porém existem limitações que impedem que as ações sejam realmente eficazes como orçamento limitado do setor, barreiras geográficas, descentralização das funções, apoio limitado às comunidades pelo governo para concluir a transição cultural, crédito e mão de obra limitada.

Com isso, conclui-se que para as políticas públicas serem eficazes, devem ser desenvolvidos mecânicos de colaboração entre pesquisadores e gestores públicos no sentido de desenvolver ações que afetem as ocorrências de fogo incluindo as comunidades que possuem a queimada como base e são as primeiras vítimas dos incêndios além da geração de outras políticas complementares que ampliem o acesso às assistências técnicas, crédito, extensão rural e mercado consumidor.

Para que as políticas sejam eficientes é imprescindível o envolvimento de toda a comunidade, governo, entidades, pesquisadores e principalmente a própria comunidade local, para gerar consciência de que existem práticas alternativas às queimadas e assim eliminar tal cultura.

Para avaliar os danos causados pelo fogo, especificamente após o incêndio de grandes proporções ocorrido no Acre em 2005, Araujo et. al. /2013, realizou estudo da região impactada monitorando conjunto de arvores e cipós da região no período entre 2005 e 2009.

Segundo Araújo et. al 2013, apesar de ter notado que parte da floresta foi recuperada devido ao forte poder de fertilizante das cinzas, é esperado que a incidência de novos incêndios, em curtos intervalos insuficientes para a recuperação da área, resulte na degeneração irremediável da floresta nativa.

Além dos danos causados imediatamente pelo fogo, segundo Gonçalves et.al. 2012, através de queimadas são liberados diversos químicos na atmosfera que contribuem para o efeito estufa, poluição do ar e alteração do PH da água da chuva. Através de seu estudo, é confirmada a relação do aumento de hospitalização por problemas respiratórios com a baixa qualidade do ar em tempos de seca, destacando a relação do aumento das doenças respiratórias com a poluição do ar e a necessidade de compilar as informações relacionadas às consequências das queimadas para serem discutidas com autoridades, equipes multidisciplinares para uso no monitoramento e melhorias da saúde pública.

Como resultado dos impactos gerados pelo grande incêndio do Acre e protestos populares, surgiram meios jurídicos para conter, punir e prevenir incêndios. O incêndio trouxe significativa perda de biomassa, prejuízos à segurança (redução da visibilidade nos tráfegos aéreo e rodoviário), à saúde e às lavouras mantidas pelos próprios produtores rurais, além do acúmulo de resíduos que serão revertidos em gás carbônico ao longo de décadas. Como resultado foi atualizado o código florestal onde fica proibida a realização de queimadas para a limpeza de solo. (PARDO, 2012).

Analisando os impactos destacados pelos últimos autores, as perdas por grandes incêndios ultrapassam a perda imediata de fauna e flora relacionada ao foco principal do incêndio, a fumaça gerada pelo incêndio carrega elementos poluidores, prejuízo na segurança nacional, saúde e economia em geral pois pode ser levada à longas distancias junto dos ventos. Em resultado a essas consequências e comoção comunitária surgiram outras leis com objetivo de conter a prática que vem melhorando os índices de incêndio desde os maiores picos ocorridos entre 2004 e 2005, porém precisa ainda da comoção comunitária em geral para que os índices de incêndios entre em um nível ideal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de queimadas para preparação do solo em atividades agropastoris, apesar de ser eficiente e barata deve ser extinta através de um trabalho de conscientização e prevenção do poder público junto às comunidades envolvidas pois, com as mudanças climáticas, excesso de queimada que ultrapassam a quantidade razoável para a economia de subsistência, os incêndios vêm se tornando constantes e mais difíceis de controlar.

Além das perdas imediatas pelo fogo, também é confirmado a perda na saúde, com aumento em hospitalizações principalmente devido a problemas respiratórios em resultado ao aumento dos gases lançados, piorando a qualidade do ar.

O uso da queimada como instrumento econômico pode ser uma solução rápida e barata no dado momento de necessidade, porém o custo x benefício é alto quando analisado tudo o que pode ser perdido pelo próprio agricultor em caso de descontrole do fogo.

REFERÊNCIAS

ARANA, A. A composição elementar do aerossol atmosférico em Manaus e Balbina. 2009. 98p. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) – Instituto de Pesquisas da Amazônia INPA, Manaus, 2009. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/12609/1/Andrea%20Arana.pdf. Acesso 11 set. 2022.

ARAUJO, H. J. B. de; et. al. Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em uma floresta primária no estado do Acre, Amazônia Brasileira. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 297-308, abr.-jun., 2013.

G1. Portal de Notícias: Meio Ambiente. Com 3,3 mil focos, Amazônia tem pior dia de queimadas em 15 anos, apontam dados do Inpe. Disponível em: https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2022/08/24/com-33-mil-focos-amazonia-tem-pior-dia-de-queimadas-em-15-anos-apontam-dados-do-inpe.ghtml. Acesso 11 set. 2022.

GONÇALVES, K. de S.; CASTRO, H. A. de; HACON, S. de S. As queimadas na região Amazônica e o adoecimento respiratório. Ciência & Saúde Coletiva, 17(6):1523-1532, 2012.

IMAZON. Imprensa: Desmatamento na Amazônia Triplica em março e faz trimestre fechar como o 2º pior desde 2008. Disponível em: Desmatamento na Amazônia triplica em março e faz trimestre fechar como o 2º pior desde 2008 - Imazon. Acesso 11 mai. 2023.

MORELLO, T. F. et. al. Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia Brasileira: Por que as Políticas Públicas têm efeito limitado? Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XX, n. 4 n p. 19-40 n out.-dez. 2017.

PARDO, D. W. de A. Direito e Sociedade: Sobre a proibição Legal do uso do fogo em atividades econômicas Agropastoris. REVISTA DIREITO GV, SÃO PAULO 8(2). P. 427-454. JUL-DEZ 2012.

A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA PARA ADUTORAS ENTERRADAS, TANQUES DE AÇO E ESTRUTURAS DE CONCRETO

Data de aceite: 03/07/2023

Luiz Paulo Gomes
Engenheiro pela Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Pós Graduação em Engenharia de Equipamentos de Petróleo e Gás, Diretor Técnico da IEC Engenharia, Autor dos Livros Proteção Catódica e Sistemas de Proteção Catódica.
Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: Os sistemas de proteção catódica são de fundamental importância para eliminar os processos corrosivos, pelosolo e por correntes de fuga, que destroem as instalações de aço enterradas, submersas ou embutidas noconcreto. Sem a instalação de proteção catódica torna-se rigorosamente impossível operar com segurança e economia as adutoras de aço enterradas, os tanques de armazenamento construídos em aço e as ferragens dasestruturas de concreto das estações de tratamento de água e esgoto. No presente trabalho mostramos comofuncionam os processos corrosivos nessas instalações e como os sistemas de proteção catódica são utilizados para a garantia da segurança operacional desses ativos, de fundamental importância para as companhias desaneamento de um modo geral.

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão, Proteção Catódica, Adutoras, Tanques, Aço, Concreto.

INTRODUÇÃO

A proteção catódica é uma tecnologia fantástica, de vital importância para o mundo moderno, uma vez que permite proteger contra a corrosão instalações metálicas enterradas ou submersas como adutoras, oleodutos, gasodutos, alcooldutos, polidutos, querodutos, tanques de armazenamento de água, petróleo e derivados, plataformas de petróleo, instalações portuárias, navios, embarcações e armaduras de aço de estruturas de concreto armado ou protendido de pontes, viadutos e edificações de um modo geral. Sem a tecnologia da proteção catódica seria impossível operar com segurança e economia essas importantes instalações e em especial as adutoras, os tanques de armazenamento e as estações de tratamento de água e esgoto das companhias de saneamento do mundo inteiro.

Todas essas obras estão sempre sujeitas a sérios problemas de corrosão, causados pelo solo, pelas correntes de fuga dos sistemas de tração eletrificada (metrô e ferrovias para o transporte de passageiros) e pela absorção de água, cloretos, CO_2, produtos químicos e outros poluentes, para o caso das estruturas de concreto.Todas essas obras estão sempre sujeitas a sérios problemas de corrosão, causados pelo solo, pelas correntes defuga dos sistemas de tração eletrificada (metrô e ferrovias para o transporte de passageiros) e pela absorção deágua,cloretos,CO_2, produtos químicos e outros poluentes, para o caso das estruturas de concreto.

ENTENDA PORQUE AS ADUTORAS E TANQUES SE CORROEM

A corrosão de instalações de aço enterradas, submersas ou embutidas xo concreto é um fenômeno elétrico, mais precisamente um fenômeno eletroquímico. As heterogeneidades normais do aço e as variações de resistividade elétrica, pH, umidade, cloretos, composição química e temperatura dos solos, das águas e dos concretos, dão origem a pilhas de corrosão importantes, que corroem o aço de acordo com as equações seguintes, muito conhecidas:

$\mathbf{Fe \Rightarrow Fe^{++} + 2e^-}$ equação (1)

$\mathbf{\tfrac{1}{2}\, O_2 + H_2O + 2e^- \Rightarrow 2OH^-}$ equação (2)

$\mathbf{Fe^{++} + 2Cl^- \Rightarrow FeCl_2}$ equação (3)

$\mathbf{FeCl_2 + 2OH^- \Rightarrow Fe(OH)_2 + 2Cl^-}$ equação (4)

$\mathbf{2Fe(OH)_2 + \tfrac{1}{2}\, O_2 \Rightarrow Fe_2O_3 + 2H_2O}$ equação (5)

Para o caso das estruturas de concreto a absorção de CO_2, muito comum de acontecer, provoca a carbonatação do concreto, diminuindo o pH e despassivando o aço, de acordo com a equação abaixo, também muito conhecida:

$\mathbf{Ca(OH)_2 + CO_2\ (pH>12) \Rightarrow CaCO_3 + H_2O\ (pH<9)}$ equação (6)

Quando as adutoras enterradas, os tanque de aço ou as estruturas de concreto são construídos nas proximidades de linhas férreas eletrificadas com corrente contínua (metrôs e trens urbanos), situação muito comum de acontecer nas grandes cidades, eles ficam sujeitos às correntes de fuga ou correntes de interferência, que somadas à corrosão normal do solo, da água ou do concreto, causam grandes prejuízos se não forem adequadamente protegidos. E nesses casos, somente a instalação dos sistemas de proteção catódica conseguem resolver o problema.

As figuras 1 e 2 mostram o funcionamento das pilhas de corrosão eletrolítica em uma adutora enterrada nas proximidades de uma ferrovia eletrificada e o efeito extremamente nocivo do processo corrosivo, com um grande furo na parede da adutora.

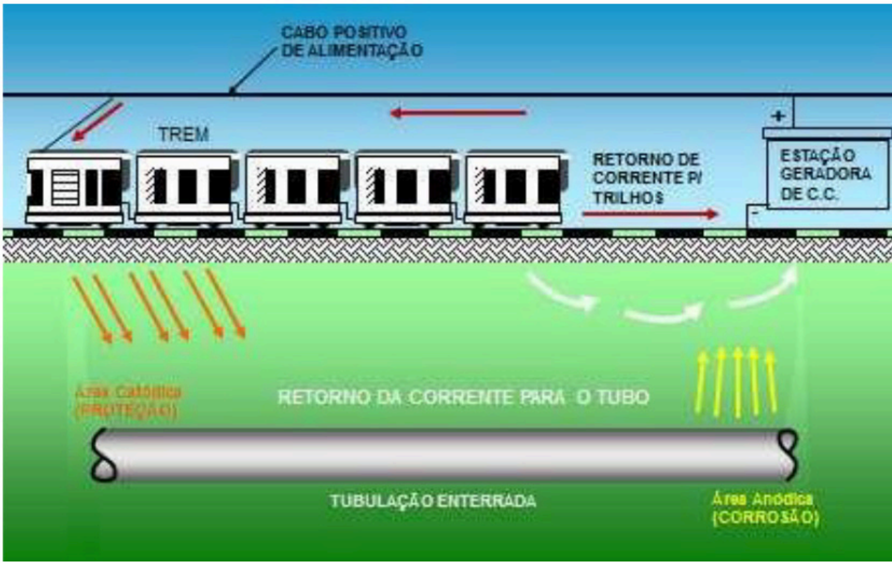


Figura 1: Exemplo de interferência elétrica de uma ferrovia eletrificada sobre uma adutora enterrada. É impossível operar a adutora com segurança sem a instalação de um sistema de proteção catódica.



Figura 2: Furo em uma adutora enterrada causado por corrosão. Somente a instalação do sistema de proteção catódica consegue evitar que problemas como esse aconteçam.

As adutoras de aço enterradas podem ficar sujeitas, também, a problemas de interferência eletromagnética, que causam problemas de corrosão e de segurança às pessoas e aos operadores. Esses problemas aparecem quando a adutora cruza ou se aproxima com uma ou mais linhas de transmissão elétrica em alta tensão, muito comum de ocorrer, conforme pode ser visto na figura 3.



Figura 3: Adutora de aço em construção junto a uma linha de transmissão elétrica em alta tensão. Nesses casos a adutora fica influenciada por interferências eletromagnéticas que precisam ser estudadas, diagnosticadas e eliminadas com a instalação do sistema de proteção catódica.

As estruturas de concreto das estações de tratamento também são muito influenciadas pelos problemas de corrosão das ferragens e, também nesses casos, os sistemas de proteção catódica devem ser utilizados para garantir a segurança operacional e a manutenção dessas instalações.



Figura 4: Corrosão em estrutura de concreto de Estação de Tratamento de Esgoto. Esses problemas somente podem ser resolvidos em definitivo com a instalação dos anodos de proteção catódica.

PROTEÇÃO CATÓDICA DE ADUTORAS DE AÇO

Para a proteção catódica das adutoras de aço, normalmente de grande diâmetro e grande extensão, utilizamos os sistemas de proteção catódica do tipo por corrente impressa, com a utilização de um ou mais retificadores de corrente complementados por leitos de anodos do tipo inerte, de ferro.silicio.cromo ou de titânico revestido com óxidos mistos de metais nobres.

A finalidade de cada conjunto retificador/leito de anodos é injetar no solo uma corrente elétrica de natureza contínua, que saindo dos anodos, flui pelo solo e alcança os tubos enterrados, modificando o seu potencial em relação ao solo (potencial tubo/solo) e eliminando o funcionamento das pilhas de corrosão, conforme pode ser visto na figura 5.

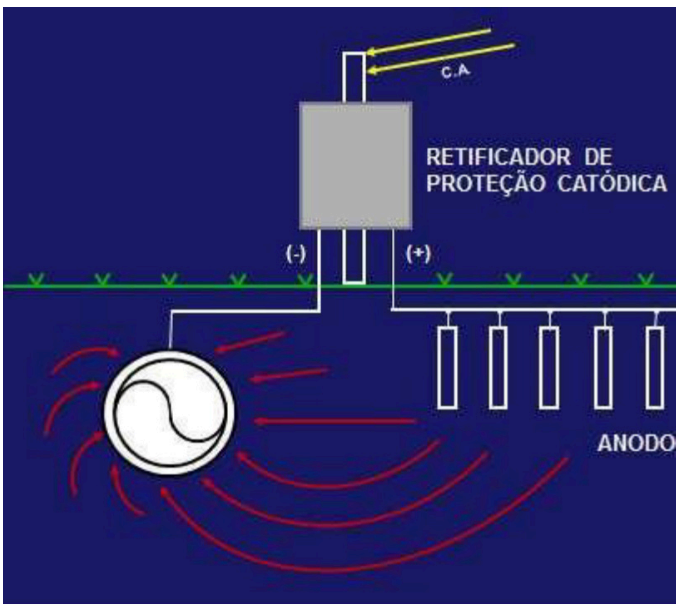


Figura 5: Esquema de funcionamento do sistema de proteção catódica de uma adutora enterrada. O retificador converte a corrente alternada de alimentação em corrente contínua, injeta essa corrente na tubulação (através dos anodos), modificando o potencial dos tubos em relação ao solo (Potencial Tubo/Solo) e garantindo a proteção contra a corrosão da adutora.

PROTEÇÃO CATÓDICA DE ADUTORAS DE FERRO DUCTIL

Para a proteção catódica das adutoras de ferro fundido e ferro dúctil a proteção catódica deve ser seletiva, nos locais de maior agressividade do solo. O procedimento a ser adotado está definido pela Norma AWWA C 105, de acordo com o seguinte:

Primeira Etapa: Fazer medições de campo para verificar a agressividade do solo em termos de corrosão, com a determinação dos valores de resistividade elétrica, pH, potencial Redox, presença de sulfetos, teor de umidade e pesquisa da presença de correntes de interferência(*).

(*)OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: Quando a adutora estiver influenciada por correntes de fuga provenientes de ferrovias eletrificadas (metrôs e trens urbanos) e outras fontes de interferência, como os sistemas de proteção catódica de tubulações de terceiros, a proteção catódica deverá ser sempre utilizada, independentemente dos resultados da pesquisa da agressividade do solo.

Segunda Etapa: Determinação do grau de agressividade do solo, mediante utilização da tabela 1, onde são atribuídos pontos em função dos valores medidos no campo. Nessa avaliação, quando se atinge 10 pontos em uma determinada região significa que o solo local é agressivo para os tubos de ferro, tornando-se necessário a instalação de proteção catódica.

Terceira Etapa: Instalação dos anodos de proteção catódica, durante ou após a construção da adutora. Nesse caso poderão ser utilizados anodos galvânicos ou inertes e a experiência do projetista de proteção catódica é de fundamental importância para essa definição.

Característica do Solo	Número de Pontos (*)
Resistividade Elétrica (ohm.cm)	
<700	10
700-1000	8
1000-1200	5
1200-1500	2
1500-2000	1
>2000	0
Valor do pH	
0-2	5
2-4	3
4-6,5	0
6,5-7,5	0 (**)
7,5-8,5	0
>8,5	3
Potencial Redox	
> + 100 mV	0
+50 a +100 mV	3,5
0 a +50 mV	4
Negativo	5
Presença de Sulfetos	
Positivo	3,5
Traços	2
Negativo	0
Presença de Umidade	
Drenagem pobre, continuamente úmido:	2
Drenagem razoável, normalmente úmido:	1
Boa drenagem, geralmente seco:	0

NOTAS : (*)Dez pontos significam solo corrosivo para ferro fundido, com a necessidade de proteção catódica.

(**) Se sulfetos estiverem presentes e o potencial redox for negativo ou de baixo valor na faixa de pH entre 6,5 e 7,5 devem ser somados 3 (três) pontos.

Tabela 1. Teste de Avaliação da Agressividade do Solo (AWWA C105).

PROTEÇÃO CATÓDICA DE TANQUES DE ARMAZENAMENTO

Os tanques de aço para o armazenamento de água apresentam, com o passar do tempo, sérios problemas de corrosão interna (fundo e costado em contato com a água) e externa (fundo em contato com o solo ou base de concreto), necessitando sempre serem protegidos catódicamente.

Nesses casos, principalmente nos tanques maiores, utilizamos os sistemas do tipo por corrente impressa, com a instalação de um retificador e anodos inertes instalados no solo (para a proteção da parte externa do fundo do tanque) e anodos instalados internamente, com contato com a água (para a proteção das superfícies internas). Para o caso de pequenos tanques, a instalação de anodos galvânicos pode ser mais econômica, a depender de um estudo de viabilidade técnica e econômica.

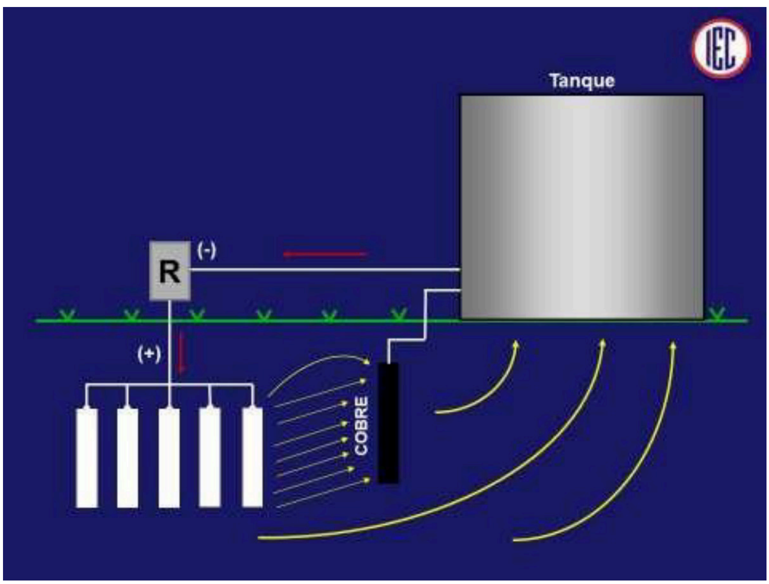


Figura 6: Esquema de funcionamento do sistema de proteção catódica por corrente impressa para um tanque de armazenamento. Para a proteção catódica interna os anodos são instalados dentro do tanque e em contato com a água.

Nesses casos, o projeto de proteção catódica deve considerar sempre a existência do sistema de aterramento elétrico dos tanques, construídos com hastes de cobreadas e cabos de cobre nú, que absorvem parte da corrente de proteção catódica, conforme pode ser visto na figura 6.

As superfícies internas do fundo e do costado do tanque são protegidos com a instalação de anodos inertes de Titânio MMO, que podem ser instalados com o tanque cheio e em operação normal. Esses anodos são também ligados a um retificador de proteção catódica, que pode ou não ser o mesmo retificador usado para a proteção externa, dependendo do projeto.

O projetista de proteção catódica deve ter sempre em mente que as superfícies internas dos tanques são revestidas internamente, o que reduz drasticamente a intensidade da corrente necessária para a sua proteção interna.

Para o acompanhamento operacional e verificação do funcionamento eficiente do sistema de proteção catódica interna do tanque devemos sempre instalar um eletrodo de referência permanente de Ag/AgCl em seu interior, em conjunto com os anodos. Esse eletrodo de referência mede permanentemente o potencial do aço em relação à água e orienta o operador sobre a regulagem do retificador de proteção catódica.



Figura 7: Retificador de proteção catódica para a proteção de um tanque de armazenamento de água.

PROTEÇÃO CATÓDICA DE ARMADURAS DE AÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

As armaduras de aço das estruturas de concreto de um modo geral, em especial as estações de tratamento, podem apresentar corrosão severa com o passar do tempo e também necessitam ser protegidas catódicamente. A proteção nesses casos é feita com o auxílio de anodos galvânicos especiais, que podem ser instalados durante a construção da estrutura, durante os serviços de recuperação do concreto ou com a estrutura em operação, sem que as ferragens estejam expostas e nos locais onde a corrosão das ferragens ainda não aflorou.

As figuras 8, 9 e 10 mostram os anodos sendo instalados em cada uma dessas três situações.



Figura 8: Instalação de anodos de proteção catódica em uma obra de concreto em construção. Os anodos são fixados às ferragens antes da concretagem.



Figura 9: Instalação de anodos de proteção catódica durante os serviços de recuperação do concreto.

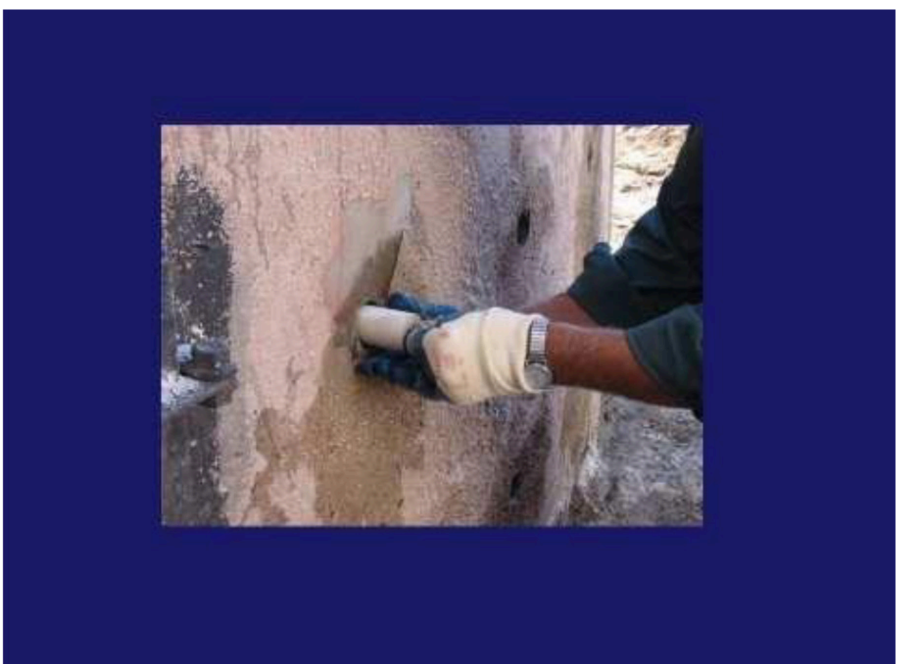


Figura 10: Instalação de anodo de proteção catódica sem que as ferragens estejam aparentes, nos locais onde a corrosão ainda não aflorou. Para diagnosticar a corrosão são feitas medições dos potenciais das ferragens em relação ao concreto, de acordo com a Norma ASTM C-876-15.

MEDIÇÕES DOS POTENCIAIS DE CORROSÃO E DOS POTENCIAIS DE PROTEÇÃO CATÓDICA

As medições dos potenciais de uma determinada estrutura metálica em relação ao meio onde ela se encontra são de fundamental importância para o estudo de corrosão e para a verificação das condições de proteção catódica.

Para essas medições utilizamos sempre um voltímetro de alta impedância e um eletrodo de referência, que pode ser o Eletrodo de Cobre/Sulfato de Cobre-Cu/CuSO4 (para medições dos potenciais do aço em relação ao solo ou ao concreto) ou o Eletrodo de Prata/Cloreto de Prata-Ag/AgCl (para medições dos potenciais do aço em relação à água).

Para as medições dos potenciais tubo/solo (potencial da adutora em relação ao solo), tanque/solo (potencial do fundo do tanque em relação ao solo), tanque/água (potencial das superfícies internas do tanque em relação à água) ou armadura/concreto (potencial da ferragem em relação ao concreto), os critérios definidos pelas normas técnicas nacionais e internacionais estão mostrados na tabela 2.

ESTRUTURA	CRITÉRIO DE PROTEÇÃO CATÓDICA	NORMA TÉCNICA UTILIZADA
Adutora Enterrada	Potencial Tubo/Solo Igual ou Mais Negativo que -0,85V Medido em Relação ao Eletrodo de Referência de Cu/CuSO4.	ABNT NBR ISO15589-1
Tanque (Fundo/Parte Externa)	Potencial Tanque/Solo Igual ou Mais Negativo que -0,85V Medido em Relação ao Eletrodo de Referência de Cu/CuSO4	ABNT NBR ISO15589-1
Tanque (Fundo e Costado/Parte Interna)	Potencial Tanque/Água Igual ou Mais Negativo que -0,80V Medido em Relação ao Eletrodo de Referência de Ag/AgCl	ABNT NBR ISO15589-2
Estruturas de Concreto	Acréscimo de 100mV no Potencial Ferragem/Concreto	ASTM C876-15 ISO12696

Tabela 2: Critérios de Proteção Catódica.



Figura 11: Medição do potencial de proteção catódica no Ponto de Teste de uma adutora enterrada. O Ponto de Teste possui um fio elétrico ligado à adutora.

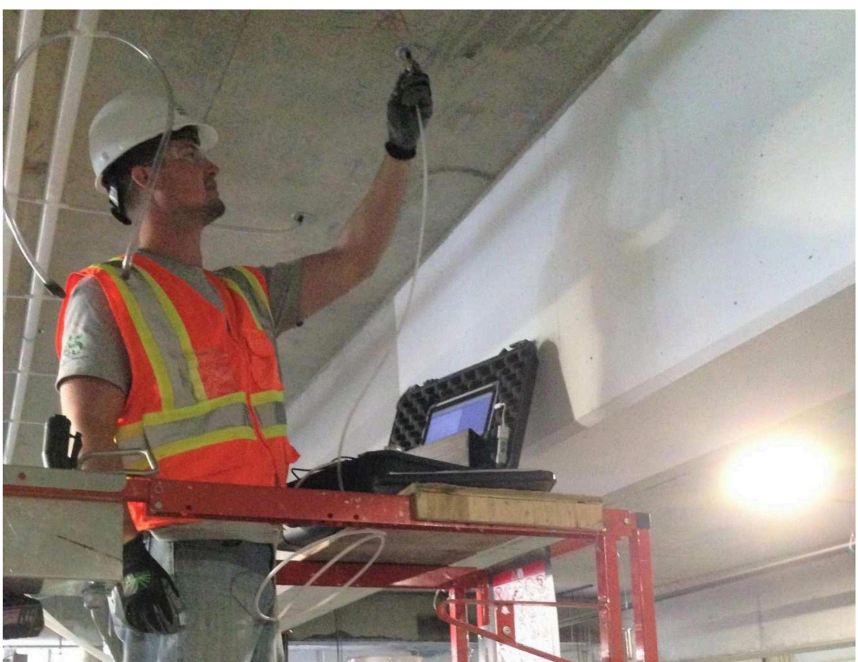


Figura 12: Medições do potencial de uma estrutura de concreto. De acordo com a Norma ASTM C876-15 essas medições permitem identificar os locais onde as ferragens estão se corroendo. Os anodos de proteção catódica devem ser instalados nesses locais.

PROCEDIMENTO RECOMENDADO

O procedimento que temos utilizado com frequência e que recomendamos ser sempre adotado para o estudo, projeto, fornecimento, instalação e pré-operação do sistema de proteção catódica de uma determinada estrutura, seja ela uma tubulação enterrada, um tanque de armazenamento ou uma obra de concreto é o seguinte:

- Primeira Etapa: análise dos desenhos, inspeção visual e medições de campo.
- Segunda Etapa: análise das informações de campo e elaboração do projeto de proteção catódica, com definição do tipo de sistema a ser utilizado (galvânico ou corrente impressa), especificação dos materiais, desenhos e instruções de instalação.
- Terceira Etapa: fornecimento dos equipamentos e materiais e instalação do sistema projetado.
- Quarta Etapa: testes e pré-operação do sistema instalado, incluindo as medições dos potenciais de proteção, a elaboração dos documentos “conforme construído” e a emissão dos Certificados de Garantia e Qualidade.

NORMAS TÉCNICAS

As normas técnicas nacionais e internacionais que recomendamos utilizar para as medições de campo, projeto, instalação, operação e manutenção dos sistemas de proteção catódica são as seguintes:

- ABNT NBR ISO15589-1 (Proteção Catódica de Dutos Terrestres)
- ABNT NBR ISO15589-2 (Proteção Catódica de Instalações Submersas)
- NACE SPO 196-2015 (Proteção Catódica Galvânica para as Superfícies Internas de Tanques de Aço para Armazenamento de Água).
- NACE SPO 388-2014 (Proteção Catódica por Corrente Impressa para as Superfícies Internas de Tanques de Aço para Armazenamento de Água).
- NACE SP0193-2016-SG (External Cathodic Protection of On-Grade Carbon Steel Storage Tank Bottoms)
- API RP 651:2014 (Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks).
- ASTM C 876-15 (Standard Test Method for Corrosion Potentials Uncoalted Reinforced Steel in Concrete).
- ISO12696:2016 (Cathodic Protection of Steel in Concrete)
- NACE SP0187-2017 (Design for Corrosion Control of Reinforcing Steel in Concrete)
- NACE SP0112-2017 (Corrosion Management of Atmosferic Exposed Reinfor-

ced Concrete Structures)

- NACE SP0290-2007 (Impressed Current Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmosfhericaly Exposed Concrete Structures)
- NACE SP0408 (Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Buried or Submerged Concrete Structures).

CONCLUSÃO

Os problemas de corrosão em adutoras enterradas, tanques de armazenamento e estruturas de concreto de um modo geral são bastante frequentes e muito conhecidos dos técnicos que operam essas instalações.

Quando essas obras são construídas nas proximidades de ferrovias eletrificadas (trens urbanos e metrô) e de linhas de transmissão elétrica em alta tensão o problema é ainda mais grave, devido a ocorrência de interferências elétricas e eletromagnéticas, extremamente prejudiciais.

É praticamente impossível operar com segurança e baixo custo essas instalações sem o auxílio de um sistema de proteção catódica, que possui a finalidade de garantir a proteção contra a corrosão do aço quando enterrado, submerso ou embutido no concreto.

A proteção catódica é a única técnica que consegue garantir a proteção contra a corrosão de adutoras, tanques de armazenamento e estruturas de concreto de estações de tratamento, com baixo custo e total segurança, razão pela qual deve ser sempre considerada em obras novas ou já existentes.

REFERÊNCIAS

1. GOMES, LUIZ PAULO, *Livro Sistemas de Proteção Catódica, Segunda Edição, Editora Interciência, 2020.*

2. GOMES, LUIZ PAULO, *Livro Proteção Catódica, Publicado pela IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão, 1990.*

3. GOMES, LUIZ PAULO, Importance for Cathodic Protection for the Modern World, publicado pela IPCM – Protective Coatings, 2017.

4. GOMES, LUIZ PAULO, Protecting Underground Pipelines Against Corrosion and Electrical Interference. publicado pela IPCM – Protecting Coatings, 2018.

5. GOMES, LUIZ PAULO, How to Preserve Concrete Structures With Galvanic Anodes for Cathodic Protection, publicado pela IPCM – Protecting Coatings, 2019.

6. GENTIL, VICENTE, Livro Corrosão, 6ª. Edição, Editora LTC, 2011.

PRISCILA NATASHA KINAS - Possui graduação em Ciências Biológicas Licenciatura Plena pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (2007), mestrado em Engenharia Ambiental pela Fundação Universidade Regional de Blumenau (2012) e doutorado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2021). Atualmente é professora titular - nível 2 da Universidade do Estado de Santa Catarina. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Ciências Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento de atividades ambientais, meio ambiente, elaboração de programas ambientais, resíduos e sustentabilidade.

ÍNDICE REMISSIVO

INNOVATE:

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

INNOVATE:

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023